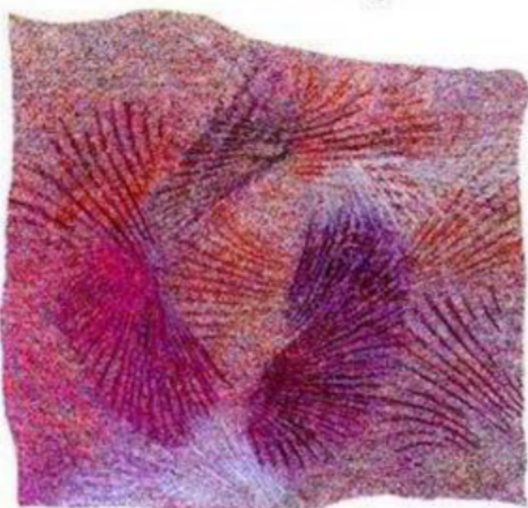
Ciencias de la Naturaleza

Martin J. S. Rudwick

El significado de los fósiles

Episodios de la Historia de la Paleontología

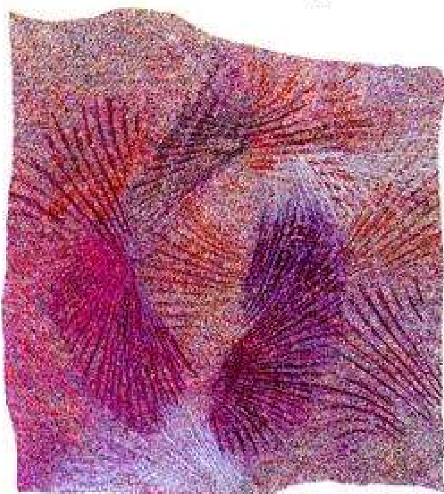


Ciencias de la Naturaleza

Martin J. S. Rudwick

El significado de los fósiles

Episodios de la Historia de la Paleontología



Desde el nacimiento de la Paleontología como disciplina científica en el Renacimiento, el descubrimiento y la comprensión del significado

de los fósiles ha desempeñado un papel crucial en el reconocimiento de la enorme antigüedad de la Tierra, y en el desarrollo de la teoría evolutiva.

El historiador de la ciencia Martin J. S. Rudwick ha escrito un relato apasionante y erudito, ilustrado con imágenes y anécdotas, sobre las transformaciones en el conocimiento de los fósiles entre los siglos XVI y XIX. «No sucede a menudo que una obra modifique toda la concepción de una disciplina. Pero eso es exactamente lo que el libro de Rudwick supondrá para la historia de la Paleontología» (Stephen Jay Gould).

Martin J. S. Rudwick

El significado de los fósiles

Episodios de la Historia de la Paleontología

Prólogo

a la segunda edición

La preparación de una nueva edición de este libro me da la oportunidad de aclarar brevemente su propósito y estructura.

Me ha satisfecho particularmente que la primera edición obtuviese generosas críticas en la prensa, tanto en la especializada para paleontólogos y geólogos, como en aquélla cuyos lectores son principalmente historiadores de la ciencia.

Recibí con satisfacción esta prueba de que el libro tenía posibilidades de alcanzar doble audiencia —difícil objetivo— que aquélla para la que había sido escrito. También estoy agradecido a los críticos por sus solidarios y constructivos comentarios. Esto es lo que me ha decidido a intentar clarificar lo que el libro *pretende* y *no* pretende.

Las implicaciones del empleo de la palabra «episodios» en el subtítulo de este libro parece haber provocado, más que ningún otro punto, cierta confusión acerca de mis intenciones. Si tuviese la oportunidad de reescribir el libro desde el borrador, no estoy seguro qué otra palabra escogería; tampoco sé si adoptaría una estructura fundamental diferente. Quizá sería más cauto y sustituiría la palabra «episodios» por «ensayos», como hice, de hecho, en el último pasaje de este libro. Con todo, a pesar de que los cinco capítulos son, en cierto sentido, «ensayos» separados sobre la historia de la paleontología, el término «episodios» sirve para poner de relieve que los capítulos aluden a sucesivos *períodos* en la historia. En otras palabras, una de mis intenciones iniciales fue intentar transmitir «una noción de período» al lector, un sentido de coherencia intelectual y social de las teorías y la actividad de estudiar fósiles, en cada período de historia escogido.

Por otro lado, este énfasis en la coherencia de cada período, sugiere quizá un mayor grado de discontinuidad *entre* los «episodios» que he propuesto. Esta impresión puede verse potenciada por el hecho de que

cada capítulo comience con un suceso exactamente fechado. El propósito de este recurso literario, sin embargo, era simplemente situar cada «episodio» en un momento concreto de la historia, que actuase como un punto de partida —más en el sentido explicativo que en el estrictamente cronológico del término— para mi descripción y análisis de cada período. Más profundamente, puede que el empleo por mi parte de distintos «episodios» pareciese implicar un concepto de discontinuidad en la historia, afín, en cierta medida, al trabajo de Michel Foucault, y podría pensarse que mi tratamiento «episódico» tiende a eludir el

problema de explicar la continuidad conceptual y el desarrollo de un período al siguiente.

De hecho, mi uso de «episodios» no tiene tan profundo significado historiográfico, y fue más un resultado de limitaciones prácticas que, incluso ahora, cinco años después de terminar el libro, probablemente no sean menos apremiantes. En un libro concebido para un amplio sector de lectores no especializados, no creí apropiado entrar en el polémico debate de los muchos puntos en cuya interpretación disienten actualmente los historiadores de la ciencia. Pienso todavía que es mejor presentar mi propia interpretación en forma coherente y honesta, de manera que el lector no especializado pueda al menos saber cómo ve *un* historiador el asunto, por personal que pueda ser su opinión; mientras que los especialistas no tendrán dificultad para ver cómo se relaciona mi planteamiento con el de otros historiadores.

Sin embargo, las limitaciones prácticas a las que me he referido conciernen menos a las controversias entre el creciente número de historiadores de las ciencias de la Tierra, que a las limitaciones impuestas por el volumen de investigación producido, según los estándares profesionales modernos, por este grupo de estudiosos. Hace muchos años, en una primera fase de la planificación de las conferencias sobre las que se basa este libro, tuve ocasión de descubrir la poca fiabilidad de los trabajos «secundarios» más obvios en comparación con una lectura de textos «primarios» originales, y decidí restringir mis conferencias a temas en los que pudiera disponer del tiempo suficiente para buscar mi información de primera mano. Aunque la calidad general de los trabajos publicados sobre este tema ha mejorado enormemente en los últimos diez o quince años, decidí, al escribir este libro, conservar esta actitud referente a las fuentes de primera mano. Me daba cuenta, con todo, de que esto suponía restar peso a algunos importantes aspectos de los temas a tratar, que otros historiadores han explorado más a fondo, a cambio de tratar otras cuestiones en las que tenía la seguridad de conocer las fuentes

originales.

Desde una actitud más positiva, no obstante, me gustaría aclarar mis intenciones describiendo los cinco capítulos de este libro como una serie de «ensayos» que abordan ciertos períodos de la historia de la Paleontología desde diferentes puntos de vista.

Dentro de las limitaciones de tiempo de que disponía para realizar las investigaciones pertinentes en fuentes originales, los ensayos eran, y siguen siendo, experimentos historiográficos de dos o tres tipos perfectamente distinguibles. Los cambios en los modos de escritura histórica que se producen a lo largo del libro, y que algunos comentaristas han percibido, son, a su vez, una consecuencia razonablemente directa del desarrollo histórico de la propia Paleontología. Ya mencioné este punto brevemente en el prólogo a la primera edición, pero tal vez valga la pena reiterarlo ahora.

Los dos primeros capítulos tratan (a grandes rasgos) del siglo XVI y XVII, antes de que la «Geología» —por no hablar de la «Paleontología»— se hubiera convertido en un campo del conocimiento perceptible o susceptible de definición. Fueron períodos, con todo, en los que los fenómenos básicos para el futuro de la ciencia de la Paleontología, a saber los peculiares objetos llamados fósiles, eran ya tema de debate entre un creciente círculo de «naturalistas» y «filósofos de la naturaleza». Evidentemente, es apropiado describir y analizar la interpretación de los fósiles durante estos períodos en el seno de un marco histórico muy amplio, y no con la estrechez con la que se mira un problema técnico. Por ello, he intentado relacionar el «problema de los fósiles» con las corrientes intelectuales más extendidas de la época, e indicar el contexto social en que se estudiaron y discutieron éstos. Al mismo tiempo, he intentado señalar algo que los historiadores de la ciencia tienden a subestimar; concretamente, las limitaciones intrínsecas a la interpretación de aquellos fósiles, por el tipo de evidencias —en otras palabras, por los fósiles en concreto— que habían sido descubiertas en cada momento dado. Aunque cada uno de estos capítulos se inicia con algún acontecimiento fechado con precisión, éstos son tan sólo —como ya he explicado— «indicadores» cómodos para enraizar mi interpretación en momentos concretos de la historia. En realidad, los dos primeros capítulos forman un todo interconectado, y tienen una forma narrativa subyacente que traslada la historia del «problema de los fósiles» desde mediados del siglo XVI (o antes) hasta los primeros años del siglo XVIII. No cabe duda de que mi interpretación podría verse enriquecida por una mayor atención a la evidencia suministrada por los escritos menos formales de aquellas personas que menciono —por ejemplo, sus

cartas—, pero en el tiempo del que he dispuesto, me pareció legítimo concentrarme en lo que ellas mismas decidieron hacer público por medio de la edición; tal vez sea la punta del iceberg, pero sin duda, guarda continuidad con todo lo que hay debajo de ella.

Después del segundo capítulo, aparece una laguna histórica que comprende la mayor parte del siglo XVIII. Yo no suscribo el punto de vista, ni lo he hecho nunca, de que las ciencias atravesaran, en el siglo XVIII, un período de estancamiento o incluso de declive. Hoy podemos apreciar que esa opinión era, en parte, producto de la propaganda, a comienzos del siglo XIX, de geólogos que minimizaban a sus predecesores con el fin de legitimar su resplandeciente ciencia «nueva». Las investigaciones históricas recientes están dejando cada vez más claro que el siglo XVIII fue un período en el que se establecieron firmemente, por vez primera, muchos de los rasgos fundamentales de la Geología que posteriormente se desarrollarían, tales como el trabajo de campo, la recolección y el intento de elaborar teorías cada vez más íntimamente relacionadas con la observación. Pero existieron dos limitaciones prácticas que me obligaron a tratar ese siglo casi como si fuera *Terra incognita*: hasta el momento hay muy poco publicado acerca del tema con arreglo a unos estándares académicos

apropiados. Y yo mismo tuve ocasión de descubrir que, incluso un estudio superficial de las fuentes originales del siglo XVIII, era más de lo que podía permitirme en el tiempo del que disponía. En este aspecto, el empleo por mi parte del término «episodios»

deberá ser considerado, lamentablemente, como una excusa para no ofrecer una narración completa, capaz de cubrir la laguna existente entre los primeros y los últimos años del siglo XVIII. No obstante, espero que esta laguna se verá cubierta por otras personas a su debido tiempo.

Para cuando retomo la historia de nuevo, al principio del tercer capítulo, hemos llegado ya a un período en el cual el estudio de los fósiles había sido ampliado y profundizado en gran medida, ya fuera considerándolo como actividad de ciertos individuos de la sociedad, o como un cuerpo de observadores, conceptos y teorías. Las omnipresentes limitaciones de tiempo y espacio, me forzaron en este caso a adoptar la decisión, de la que no me arrepiento, de centrar mi atención en el desarrollo *conceptual* del estudio de los fósiles. En este sentido, el tercer y cuarto capítulos forman una unidad narrativa interconectada que abarca desde los últimos años del siglo XVIIIhasta mediados del XIX. He intentado indicar el contexto social en el que se

producían las teorizaciones en este período, así como sus implicaciones en otras corrientes intelectuales y sociales; pero, como es inevitable, éstos son tratados fundamentalmente como «telón de fondo» del desarrollo de las *teorías* paleontológicas.

Decidí que la aportación más útil que podía hacer como paleontólogo convertido en historiador, sería subrayar la interacción entre la elaboración de teorías y la acumulación de cantidades cada vez mayores de evidencia —es decir, de fósiles—

durante cada período. Precisamente porque los historiadores de la ciencia que se sienten atraídos por la historiografía abstracta, como ocurre con sus primos los filósofos de la ciencia, tienden a extraer sus ejemplos de aquellas ciencias naturales en las que este elemento, intrínsecamente acumulativo, está ausente o resulta inconspicuo. Creí, y creo aún, que vale la pena atraer su atención a otras ciencias igualmente interesantes e intentar convencerles de que una ciencia como la Paleontología no debe ignorarse como si fuera una especie de «obsesión filatélica».

Como ocurre siempre al tener que tomar decisiones entre alternativas atractivas, mi tratamiento relativamente «intrínseco» implica un menor énfasis del que desearía en otros aspectos, igualmente interesantes, del período. Sería sin duda posible, legítimo e importante seguir la pista con más detalle al desarrollo del estudio de los fósiles como actividad social, utilizando no sólo fuentes institucionales, sino también las evidencias informales procedentes de la correspondencia o de los trabajos de campo. Pero a mí me pareció más importante concentrarme, una vez más, en el debate *público* —cuya pista puede seguirse en trabajos publicados—, si bien soy perfectamente consciente de las

aportaciones que el material no publicado puede hacer. Lo que es más, incluso dentro del enfoque por mí escogido, tuve que restringir la discusión al núcleo central de la utilización de los fósiles en el desarrollo de «altas teorías» o, en otras palabras, en la construcción de una imagen de nivel elevado de la historia de la vida y su interpretación.

Esta necesaria concentración en ciertos aspectos del desarrollo conceptual de la Paleontología, se aplica con fuerza aún mayor en el quinto y último capítulo. En él planteo que, a finales del siglo XIX, Ja ciencia de la Paleontología —al menos aquí el término deja de ser un anacronismo— había adquirido ya la mayor parte de los rasgos característicos de su forma moderna. El simple volumen de los

trabajos publicados, aunque no resulte especialmente llamativo desde una perspectiva de finales del siglo XX, es suficiente como para imponer aún una especialización más al historiador, si pretende evitar generalizaciones banales. Yo decidí concentrarme, en este capítulo final, en aquellos aspectos del trabajo paleontológico que, por aquel entonces, consideraba que tenían incidencia en los grandes interrogantes de la «teoría elevada» dentro de la Biología; en particular, por consiguiente, en el desarrollo de la teoría evolutiva. Con todo, no debe considerarse esto como un ejemplo más de lo que podríamos llamar el síndrome de «todos los caminos llevan a Darwin», en la historiografía de la ciencia del siglo XIX. Por supuesto, muchos paleontólogos de este período carecían de interés en las teorías evolutivas y se limitaron a continuar con su rutina (si bien, a menudo muy sofisticada): investigación de los aspectos taxonómicos y estratigráficos de su ciencia.

Pero en mi opinión, concentrarme en la contribución de la Paleontología a la teoría evolutiva se ve justificado históricamente, en el sentido de que la mayor parte de los grandes científicos implicados —tanto paleontólogos como aquéllos que veían la ciencia desde fuera— consideraban que ésta era su contribución más importante a una comprensión científica general del mundo natural.

No quisiera poner fin a este prólogo en tono defensivo. He intentado explicar en qué modo los diversos capítulos de este libro intentan hacer cosas un tanto diferentes. No creo que sea necesario decir aquí que bienvenidos sean cualesquiera otros enfoques del tema que lo aborden de manera diferente. No obstante, tengo la esperanza de que mi enfoque, en esta nueva edición, siga ofreciendo a los historiadores y los paleontólogos una visión útil, de primera mano, de algunos de los problemas planteados por el estudio de los fósiles en el pasado, y de que estimule a algunos lectores a una ulterior investigación del tema.

Por motivos técnicos, no ha sido posible efectuar grandes cambios en el texto de esta edición, así como tampoco añadir referencias completas a publicaciones recientes, pero he aprovechado la oportunidad para corregir una serie de erratas y uno o dos errores de

hecho que, amablemente, me han sido indicados por algunos de mis corresponsales.

Dado que no llegué a ver las ilustraciones originales en las pruebas de imprenta, una de ellas (fig. 1.11) fue impresa cabeza abajo, error que ha sido ya subsanado. Deseo expresar mi agradecimiento a Mr. Neale

Watson y su equipo por el cuidado y la atención que han dedicado a los preparativos de esta edición y, en especial, por intentar mejorar la calidad de reproducción de las ilustraciones.

Amsterdam, abril 1976

Prólogo

Los fósiles son, a menudo, objetos de formas sorprendentes; algunos son espectaculares, y otros muchos tienen formas estéticamente atractivas. Por ello, no resulta sorprendente que algunos fósiles hayan sido comentados por gente de períodos y culturas muy diferentes. No obstante, fue en la civilización occidental, en el período iniciado con el Renacimiento, donde surgió la Paleontología, a partir de una difusa consciencia de la existencia de fósiles, que se convirtió en una disciplina científica coherente. Este libro es un ensayo orientado a la comprensión de esa aparición y desarrollo. No obstante, esta cuestión no es en absoluto periférica respecto a la historia, más general, del desarrollo de la ciencia moderna en su conjunto. El descubrimiento y la comprensión de los fósiles desempeñaron un papel crucial en el reconocimiento de la enorme antigüedad de la Tierra, y en el desarrollo de la teoría evolutiva. De estos dos modos, la Paleontología ha tenido una influencia fundamental en nuestra concepción del mundo natural y del lugar que ocupamos en su seno.

Este libro tuvo por origen una serie de conferencias que di en Cambridge hace varios años por invitación del History and Philosophy of Science Committee. Aunque estaban dirigidas inicialmente a estudiantes sin graduar que cursaban Historia y Filosofía de la Ciencia, también asistieron a las conferencias otros naturalistas que estaban especializándose en Geología. Por consiguiente, me vi en la disyuntiva de hablar a dos grupos con una preparación significativamente diferente, y no podía dar por sentada ni la familiaridad con los aspectos técnicos de la Paleontología, ni un conocimiento superior a unas vagas generalidades de la historia de la ciencia. Al reescribir estas conferencias para su publicación, he intentado tener presente que existen dos grupos principales de lectores, y he intentado no dar por sentada la existencia de conocimientos previos en ninguno de los dos campos. Pero lograr un equilibrio preciso entre las necesidades de dos grupos así es punto menos que imposible, y soy consciente que he tendido más a escribir pensando en los paleontólogos, con los cuales trabajaba en la época de las conferencias. Los historiadores de la ciencia probablemente consideren que el tratamiento histórico es un

tanto elemental, pero espero que esto se vea compensado por el énfasis puesto en los problemas prácticos de la interpretación de los fósiles en cada período: con la moda actual de subrayar los factores «no científicos» de tales debates, tienden a ignorarse las limitaciones impuestas por la evidencia disponible en cada período. Existen pocas ciencias en las cuales esas limitaciones sean más importantes que en la Paleontología, en la cual incluso el descubrimiento fortuito de un único espécimen puede convertirse (y así ha ocurrido) en el centro de una controversia

en torno a cuestiones fundamentales. En ayuda del lector no familiarizado con la Paleontología, al final del libro ofrecemos un glosario de términos científicos.

Aunque la puesta a punto de este libro se ha visto inevitablemente retrasada, he conservado, en gran parte, la estructura utilizada para las conferencias. También he conservado, en parte, su estilo, aunque sólo sea para subrayar que este libro no pretende ser una narración exhaustiva o «definitiva» de la historia de la Paleontología.

Muchos de los historiadores de la ciencia de nuestros días pondrían en duda el valor histórico de una narración detallada en torno a una rama única de la ciencia —con todos los pronunciamientos favorables por mi parte—, pero, en todo caso, sería imposible que se escribiera una historia de la Paleontología así en el momento actual. Los materiales originales son abundantísimos y, en su mayor parte, no han sido leídos; gran parte de los materiales secundarios están pasados de fecha y son poco fiables. Por ello, he decidido centrar mi atención en unos cuantos aspectos o episodios que, en mi opinión, han tenido una importancia histórica o, al menos, han sido característicos de su período, construyendo una trama narrativa en torno suyo.

He intentado insertar los debates detallados acerca de los fósiles en un marco más amplio, que incluyera las ideas y preocupaciones de cada período; pero, en mi opinión, el hecho de que mi tratamiento del tema se vuelva, necesariamente, más técnico en los últimos capítulos, es una muestra del crecimiento y la especialización de la Paleontología.

El estudio de la historia de las ciencias de la Tierra, en su conjunto, sigue estando en un estado primitivo en comparación, por ejemplo, con la historia de la física o lo cosmología. Gran parte de los mejores trabajos de nuestros días se publican en forma de artículos en revistas especializadas o en libros que, en apariencia, parecen estar sólo marginalmente relacionados con cuestiones paleontológicas e incluso científicas. La mayor parte de los libros más accesibles acerca de la

historia de la Paleontología se escribieron en plena vigencia de una anterior tradición histórica de la que el resto de la historia de la ciencia ha ido liberándose. *Birth and Development of the Geological Sciences*, de Adams, por ejemplo, fue escrito desde un punto de vista desgraciadamente frecuente, incluso en nuestros días, entre los científicos en activo: «Estas tempranas fábulas de la ciencia geológica», escribió Adams, «deberían ser leídas por todos aquellos que estén necesitados de una actividad mental recreativa y que posean el ocio necesario y cierto sentido del humor». También Geikie, aunque sin ofender a su tema elegido, asumiendo su trivialidad, expresó un punto de vista similar acerca de la historia de la ciencia en sus *Founders of Geology*: la ciencia había sido una pugna progresiva de unos cuantos intelectos para liberar al conocimiento humano de los grilletes de las actitudes oscurantistas; y las figuras del pasado podían dividirse, a grandes rasgos, en aquellos

que habían estado «en lo cierto», y aquéllos cuyas opiniones habían sido «erróneas».

Para los historiadores de la ciencia de nuestros días este tipo de historiografía es ya un cadáver que no merece grandes discusiones. No obstante, dado que los paleontólogos disponen de pocos trabajos históricos modernos, me ha parecido interesante intentar señalar como, en el contexto de su propio tiempo, las *dramatis personae* no pueden dividirse, bajo ningún concepto, en héroes y villanos. Es, evidentemente, más fructífero intentar reprimir el impulso de asignarles buenas o malas marcas por sus opiniones intentando, en su lugar, entenderles como personas pertenecientes a su propio tiempo, que se enfrentaban a problemas que rara vez podían resolver, debido a la escasez de evidencia disponible, y que resolvían, si lograban hacerlo, en términos de su propia visión del mundo. De hecho, en mi opinión, ésta es la única justificación para escribir una «historia en túnel» de una rama de la ciencia a lo largo de varios siglos: que la interpretación del significado de los fósiles en cada período podría ser un reflejo revelador de la visión del mundo existente durante el período en cuestión.

Deseo expresar mi agradecimiento a mis colegas el Dr. Robert Young y el Dr.

Michael Hoskin por sus valiosos comentarios sobre el borrador de este libro, pero deseo dejar claro que carecen de responsabilidad alguna sobre su forma definitiva. Como introducción a algunos de los problemas históricos planteados por el estudio de los fósiles, habrá cumplido sus fines si anima a algunos lectores a estudiar más de cerca

los episodios que he descrito.

1. Objetos fósiles

I

El 28 de julio de 1565, Conrand Gesner (1516-1565), el mayor naturalista de su siglo, dio término a su libro *On Fossil Objects*[1]. Es una fecha apropiada como punto de partida para esta historia de la Paleontología. El libro de Gesner fue un momento crucial en la aparición de esta ciencia, ya que incorporó tres innovaciones de gran importancia para el futuro y, al mismo tiempo, tanto su forma como su contenido epitomizan(1) a la perfección la matriz científica y social en que se produjo esta aparición.

El breve título del libro de Gesner resulta engañoso: su título completo sería *A Book on Fossil Objects, chiefly Stones and Gems, their Shapes and Appeareances*. Esto nos muestra, a primera vista, que la palabra «fósil» ha cambiado radicalmente de significado desde los tiempos de Gesner. Originalmente, la palabra significaba, ni más ni menos,

«excavada», y Gesner, como todos sus coetáneos y predecesores hasta Aristóteles, la utilizaba para describir *cualquier* objeto o material notable excavados de la tierra o encontrados en su superficie. Esto, por supuesto, incluía a los fósiles en el sentido moderno, pero abarcaba también mucho más. El libro de Gesner trataba de una serie de objetos que hoy reconoceríamos como restos fósiles de organismos, pero que eran descritos en el contexto de una gran variedad de menas minerales, cristales naturales y rocas útiles.

Este cambio en el significado de la palabra «fósil» está muy lejos de ser una cuestión etimológica trivial: constituye una de las claves del primer gran problema de la historia de la Paleontología. Éste no consistía simplemente en decidir si los fósiles tenían o no origen orgánico. Tampoco se trataba de reconocer su «obvia» similitud con los animales y las plantas vivientes, ni de combatir ideas «absurdas» de que podían no ser restos de esos organismos. Por el contrario, su similitud con los organismos vivientes era, generalmente, muy poco obvia o fácil de percibir; e incluso, una vez percibida, no tenía nada de absurdo sugerir que las citadas similitudes podrían no ser de naturaleza causal.

Los primeros naturalistas como Gesner se enfrentaban a una muy amplia variedad de «objetos excavados». En lo que se refiere a las similitudes orgánicas, estos objetos pueden disponerse en un amplio espectro. En uno de sus extremos estarían los objetos con escasa o nula similitud con los organismos. Los cristales, como las gemas, y las

rocas útiles como el mármol, serían de esta naturaleza. En el extremo opuesto del espectro, se encuentran objetos, tan claramente parecidos a organismos, que la analogía

no puede ser ignorada. Pero entre estos extremos, se encuentra una gran variedad de objetos con diversos grados de similitud con los organismos vivos, pero en los cuales esa similitud es ambigua y difícil de interpretar. En términos modernos, esta categoría incluye a multitud de fósiles cuya preservación induce a confusión, y a otros que pertenecen a grupos de organismos extintos; pero incluye también muchas concreciones, y otras estructuras inorgánicas con una similitud fortuita con los organismos vivos.

Retrospectivamente, podemos ver que el problema esencial consistía en determinar *cuáles* de entre aquel amplio espectro de objetos eran orgánicos y cuáles no. Resulta por lo tanto equívoco decir que algunos escritores antiguos pensaban que los fósiles eran orgánicos y otros no. Resulta esencial descubrir qué clase de «fósiles» tenían en mente [2]. En algún lugar del espectro había que distinguir a los objetos que tenían similitudes significativas con los organismos, de aquéllos en los que la semejanza estaba ausente o era meramente fortuita. No obstante, los criterios para esta distinción no eran evidentes por sí mismos. Cuando, con el paso del tiempo fueron aclarándose, los objetos que presentaban una semejanza causalmente significativa con los organismos pasaron a denominarse «fósiles organizados», o «fósiles extraños», para distinguirlos del resto de los «objetos excavados». Pero no fue hasta el siglo XIX cuando la palabra «fósil», sin calificativos, pasó a representar este extremo del espectro —aunque, incluso en nuestros días, esté presente el recuerdo de su antiguo significado en la utilización de términos como «combustibles fósiles», para aplicarlos al carbón y el petróleo. Mientras tanto, el origen inorgánico de otros muchos «objetos fósiles» empezaba a aclararse. Esto dejaba en el centro del espectro un grupo, cada vez más reducido, de objetos cuyo origen era incierto; y en la Paleontología moderna este grupo persiste bajo el nombre de *Problemática*, una a modo de colección de objetos dudosamente orgánicos, o cuyas afinidades son, como mínimo, inciertas. La cuestión de la naturaleza de los fósiles, por consiguiente, no se resolvió en una sencilla pugna entre opiniones «correctas» y

«erróneas»: fue un debate mucho más sutil acerca del significado y la clasificación de todo el espectro de los «objetos fósiles».

II

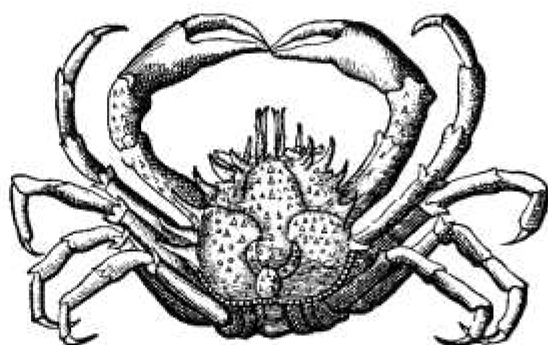
Antes de analizar las fases anteriores del debate acerca de los fósiles, merece la pena considerar el contexto en el que fueron estudiados por los naturalistas del siglo XVI. Con su pequeño libro de «fósiles», Gesner no pretendía publicar más que un ensayo preliminar, que hubiera sido ampliado posteriormente, en un trabajo exhaustivo acerca del tema. Este último trabajo jamás llegó a escribirse: pocos meses después de finalizar el libro preliminar, murió en su casa de Zurich, durante una epidemia de peste, dejando tras de sí una incalculable cantidad de materiales sin publicar. Dado que su trabajo

acerca de los «fósiles» era tan sólo una pequeña parte de un programa mucho más amplio, con el que pretendía abarcar la totalidad de la Historia Natural, su *History of Animals* (1551-8) **[3]** nos da una indicación del carácter que hubiera tenido su gran obra acerca de los «fósiles». Tanto en su contenido como en su estructura pueden verse reflejados las actitudes y métodos característicos de un naturalista del Renacimiento, y estos mismos rasgos pueden percibirse, si bien a pequeña escala, incluso en el libro *On Fossil Objects*.

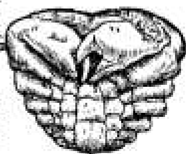
La actitud característica hacia la historia de los hombres del Renacimiento, que consideraban a su propia época como una era de iluminación y recuperación de los logros y valores de la Antigüedad clásica, llevó a los naturalistas como Gesner a adoptar un enfoque enciclopédico respecto al objeto de su trabajo. En alguna medida, esto era una deliberada imitación del modelo clásico, establecido por Plinio en su *Historia Natural*, que fue reimprimida multitud de veces durante el siglo XVI. Pero era también reflejo de su aceptación del valor, *tanto* de los escritores de la antigüedad, *como* del de sus propios coetáneos. La *History of Animals* de Gesner, por ejemplo, pretendía ser digna sucesora de la gran obra homónima de Aristóteles; pero disponía las observaciones de Aristóteles junto a las de los coetáneos de Gesner. Pretendía reunir todo aquello que había sido escrito acerca de los animales, desde Aristóteles hasta su propia época, comparar y seleccionar estas opiniones y, de ese modo, obtener una sólida base para futuros estudios. Parecía esencial registrar en su totalidad las opiniones, tanto de los escritores antiguos como de los modernos, aunque, a menudo, sus puntos de vista entraran en conflicto, e incluso aunque el recopilador manifestara ocasionalmente su escepticismo acerca de las aseveraciones más sensacionalistas. Con todo, en una era en la que la exploración geográfica extendía las fronteras de la historia natural casi año tras año, frecuentemente con el descubrimiento de

criaturas notables e inesperadas, no resultaba prudente descartar *a priori* como absurdos muchos informes; y a Gesner le pareció prudente incluir en su recopilación a multitud de monstruos singulares, si bien expresando sus dudas acerca de su autenticidad.

Con este afán enciclopédico y recopilativo, no resulta sorprendente que los naturalistas del siglo XVI produjeran ingentes obras enciclopédicas. Las obras de Gesner son un buen ejemplo: publicó dos enormes volúmenes en gran folio dedicados a los animales; dos más quedaron sin publicar tras su muerte, y por aquel entonces, estaba trabajando también en una recopilación botánica de similar alcance. No puede quedar mucha duda de que su trabajo exhaustivo sobre los «fósiles», si hubiera vivido para escribirlo, hubiera tenido el mismo carácter. También sugiere esto el trabajo, comparable al suyo, realizado por su casi coetáneo, el naturalista boloñés Ulysse Aldrovandi (1522-1605), quien, a lo largo de su vida, de mucha mayor duración, escribió obras enciclopédicas similares acerca de todas las ramas de la historia natural.



Pagurus lapideus, parte ſupina expreſſus.
Ein ſteininer Meerkrebß/ oder Täſchenkrebß.



Su *Museum of Metals* (1684) [4] —la palabra ha visto reducido su significado, como ocurrió con «fósil», pero durante esa época se aplicaba, a grandes rasgos, a todos los materiales minerales— permaneció sin publicar hasta transcurridos casi ochenta años de la aparición del pequeño libro de Gesner; pero en su voluminosidad y su enciclopédico contenido, probablemente sea similar a lo que habría sido el trabajo de éste.

Fig. 1.1. Ilustraciones de Gesner (1565, 1558) de un cangrejo fósil (abajo) y de un cangrejo viviente (*Pagurus*) al que se parecía (arriba). Nótese la leyenda bilingüe junto al fósil1.15

El historial renacentista del trabajo de Gesner está presente no sólo en su carácter enciclopédico, sino también en el énfasis filológico de su contenido. Esto es reflejo de su formación como humanista. Su educación literaria, basada en las lenguas clásicas, le había inducido un gran respeto por los estándares de exactitud textual subyacentes a las nuevas ediciones críticas de estudiosos como Erasmo. Trasplantado esto a sus trabajos sobre Historia Natural, le llevó a atribuir una gran importancia a la determinación de qué era exactamente lo que habían escrito los clásicos acerca de los animales y las plantas, y a otorgar un gran peso a sus opiniones. Los logros de los naturalistas de la Antigüedad y, en especial, de Aristóteles, habían sido, en efecto, tan notables, que ese respeto era bien merecido. Pero para poder sacar pleno partido a esos logros era imperativa una identificación precisa. Por consiguiente, en su tratamiento de cada

organismo, Gesner dio prioridad a las cuestiones de nomenclatura y sinonimia. De igual modo, su pequeño libro sobre «fósiles» mencionaba los nombres en latín, griego y alemán de cada objeto que describía, y prometía que, en el trabajo exhaustivo aún por realizar, abordaría a fondo su «filología» (Fig. 1.1).

La preocupación de Gesner por una identificación precisa, nos suministra el contexto en el que se produjo la más importante innovación incorporada a su libro *On Fossil Objects*. Fue el primer texto en el que se utilizaron de modo sistemático las ilustraciones para complementar un texto dedicado a los «fósiles». No resulta fácil exagerar la importancia de esto. Anteriormente, en ese mismo siglo, se habían publicado varios libros que describían una gama similar de objetos, y algunos de los nombres en ellos utilizados pueden ser rastreados, a través de los «lapidarios»

medievales, hasta los trabajos de autores clásicos. No obstante, en ausencia de ilustraciones, ningún escritor podía estar seguro de estar aplicando un nombre en el mismo sentido utilizado por sus predecesores. El efecto de la innovación de Gesner puede apreciarse de un modo llamativo si comparamos su libro con un trabajo anterior y más famoso, del naturalista alemán Georg Bauer (1494-1555) —

mejor conocido por su nombre literario Agrícola—, *On the Nature of Fossils* (1546) [5] . Ambos libros tratan esencialmente el mismo tipo de objetos; pero, dada la absoluta ausencia de ilustraciones, a menudo resulta muy difícil saber exactamente qué objetos describía Agrícola, mientras que, en el libro de Gesner, queda inmediatamente claro gracias a las xilografías. Dado que la naturaleza de la mayor parte de los «objetos fósiles» no era bien conocida, era difícil para cualquier naturalista del siglo XVI decidir qué rasgos eran esenciales para la descripción y cuáles eran tan sólo accidentales, e incluso saber cómo describir, de la mejor manera posible, con palabras, cualesquiera rasgos. Las ilustraciones suministraron un medio para superar este problema, al permitir una comunicación no verbal entre autor y lectores, mitigando así los riesgos de unos medios inadecuados de expresión verbal. El propio Gesner fue consciente de la importancia de lo que hacía, ya que afirmó que incluía todas las ilustraciones posibles «para que los estudiantes puedan reconocer con mayor facilidad objetos que resulta difícil describir claramente con palabras» [6] .

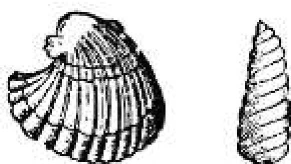


Fig. 1.2. Dos grabados en madera de conchas fósiles (1557), probablemente las primeras ilustraciones de fósiles jamás publicadas en un libro editado en Occidente8. Posteriormente fueron publicadas de nuevo por Gesner.

El empleo de las ilustraciones para complementar y explicar un texto científico, no fue, en sí mismo, una innovación. En otras ramas mejor establecidas de la Historia Natural, la utilización de xilografías había llegado ya a elevados niveles de excelencia artística y científica. El magnífico *Comentaries on the History of Plants* (1542), de Leonhart Fuchs, y el gran trabajo de Andreas Vesalius, *On the Construction of the Human Body* (1543), ambos ilustrados con dibujos de soberbia calidad, habían sido publicados hacía más de veinte años [7] . Y el propio Gesner había utilizado cientos de xilografías en su *History of Animals*, cuyos volúmenes fueron un monumento a la utilidad de las

ilustraciones como ayuda para la identificación (véase fig. 1.2); pero éste parece ser el único precedente a la iniciativa de Gesner[8]. Su libro era similar, tanto en extensión como en alcance, pero incluía un número muy superior de xilografías, que suministraban de forma sistemática las ilustraciones necesarias para cada una de sus partes. Pero incluso los dibujos de «fósiles» padecían, en cierta medida, las mismas limitaciones que las descripciones verbales, ya que seguía sin estar claro en todos los casos cuáles eran los rasgos merecedores de una mayor atención. Gesner era consciente de esto y expresaba su esperanza de que si sus lectores consideraban que alguno era

«difícil de reconocer, no me culpen a mí, sino a la dificultad de la tarea». Con todo, a pesar de lo rudimentario de algunas de sus xilografías, introdujeron un cambio técnico, que fue de la mayor importancia para la futura ciencia de la Paleontología.

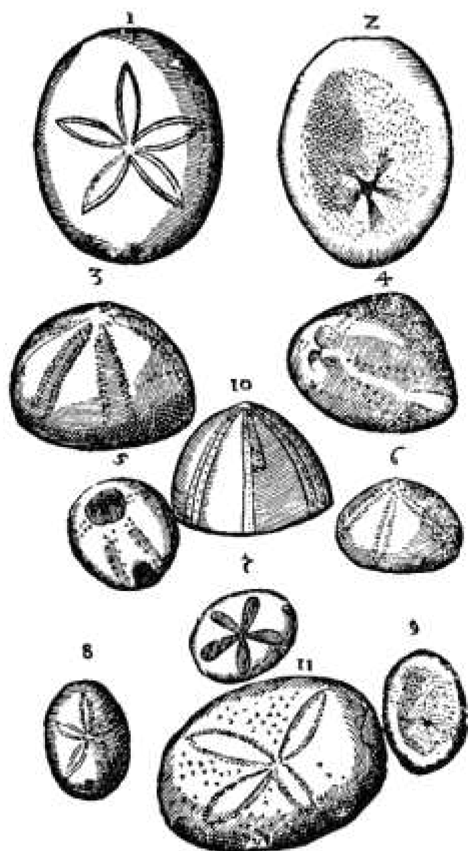
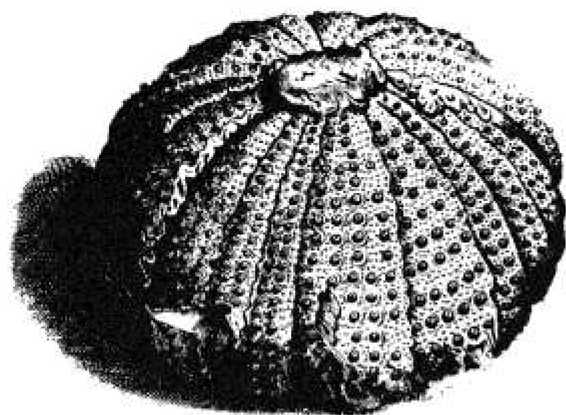


Fig. 1.3. Una página de ilustraciones de erizos marinos fósiles del vasto libro de Aldrovandi sobre fósiles4.

Contrasta la tosquedad de estos grabados en madera del siglo XVI con la delicadeza de un grabado en cobre de un fósil similar a comienzos del siglo XVII (Fig. 1.4).

La ulterior explotación de las ilustraciones como método auxiliar para la identificación de los «fósiles» puede verse en los cientos de xilografías del libro de Aldrovandi que, también en este aspecto, probablemente sirva de indicador de lo que habría sido el gran trabajo de Gesner (fig. 1.3). Las xilografías, no obstante, tenían sus limitaciones: a menos que fueran de gran tamaño (como algunas de Aldrovandi) imponían un estilo de dibujo realmente grosero, pobremente adaptado a la creciente necesidad de detalle. A finales de siglo, por lo tanto, los naturalistas empezaron a explotar uno de los sorprendentes inventos de los artistas del Renacimiento. En concreto, la técnica del grabado en cobre. A pesar de resultar mucho más costosa, en manos de un grabador competente, esta técnica permitía obtener muchos más detalles y unos sombreados mucho más sutiles, que ofrecían una mayor ilusión de solidez tridimensional (fig. 1.4) en los dibujos. En este sentido, el libro de «fósiles» de Aldrovandi estaba ya pasado de moda cuando hizo su largamente postergada



aparición; por aquel entonces se venían utilizando los grabados en cobre para la ilustración de fósiles desde hacía ya más de treinta años, habiendo sido publicados algunos de los primeros grabados (véase fig. 1.11) a comienzos del siglo XVII por el naturalista napolitano Fabio Colonna (1567-1650) [9]. El paso de la xilografía a los grabados en cobre fue tan sólo el primero de multitud de adelantos técnicos en el

mundo de la ilustración, normalmente tomados del mundo de las artes visuales, por medio de los cuales los paleontólogos han podido mejorar la calidad y la precisión de su intercomunicación no verbal. Esta dependencia de las ilustraciones no refleja un estado «inmaduro» de la ciencia, sino que es más bien un elemento esencial de su estructura, que deriva de la naturaleza inherente de su objeto de estudio, los adelantos técnicos en la ilustración, podríamos decir, han desempeñado, en la historia de la Paleontología, un papel similar al de las mejoras en los instrumentos de medida en las ciencias físicas.

Fig. 1.4. Un grabado en cobre de un fósil de erizo marino procedente de un catálogo de museo publicado en 1622 12. Compárese con el tratamiento relativamente tosco de fósiles similares en las primeras ilustraciones en madera (Fig. 1.3).

III

La utilización de las ilustraciones por parte de Gesner en sus trabajos sobre historia natural refleja, no sólo su preocupación por identificar con precisión el material descrito por los Antiguos, sino también su énfasis sobre la importancia de la experiencia de

primera mano. Su respeto por la opinión de los autores clásicos, se veía atemperado por un método de estudio en el que se otorgaba un gran peso a la observación personal. En todo su trabajo acerca de la Historia Natural, Gesner recopiló su material desde la mayor proximidad posible a la observación directa o, cuando ésta no era posible, al menos de la observación directa de especímenes conservados. De hecho, y siguiendo el ejemplo de Fuchs, empleó a un dibujante y a un grabador, para que realizaran las ilustraciones bajo su supervisión directa, para poder garantizar los más altos niveles de precisión en la representación de los especímenes por él recolectados o que le hubieran sido enviados.

Este énfasis que él ponía en la importancia de observar la naturaleza por uno mismo es característico de una línea de pensamiento del siglo XVI que era, en alguna medida, la opuesta a la atención prestada por los humanistas a la recuperación precisa de los escritos de los Antiguos. Los adelantos en la tecnología y los viajes de exploración empezaban a suministrar un «modelo» de la historia humana que habría de desviar la atención del hombre de la recuperación exclusiva de un pasado dorado, persuadiéndole de que tal vez su propia época fue superior a la Antigüedad. Este sentimiento, en especial entre aquéllos más directamente implicados en empresas prácticas, que se veían afectadas por los nuevos descubrimientos, favoreció la opinión de que también la naturaleza debía ser estudiada sin actitudes acríticas frente a las opiniones de los Antiguos. De entre quienes escribieron sobre «fósiles», el ceramista francés Bernard Palissy (1510?-1590) constituye un buen ejemplo de esta tendencia antitradicionalista.

Los viajes de Palissy como alfarero le suministraron experiencia de primera mano de una amplia gama de «fósiles» y, en especial, de los materiales utilizados en cerámica. Al mismo tiempo, se jactaba de ignorar las lenguas clásicas y las enseñanzas tradicionales de las universidades, y se deleitaba poniendo al descubierto supuestos errores de escritores más «cultivados».

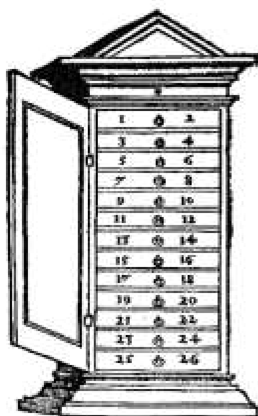
Esta actitud anti-autoritaria ha sido ligada, en ocasiones y de un modo directo, al rechazo por parte de los protestantes de la tradición católica. No obstante, para los protestantes «ortodoxos», la importancia de la experiencia personal quedaba siempre equilibrada por el hincapié hecho en el valor central de la Biblia, lo que les daba una afinidad natural para con el más amplio movimiento humanista. Los estudiosos humanistas tenían como objetivo recuperar no sólo los escritos de la Antigüedad clásica, sino también los documentos bíblicos que, del mismo modo, eran un legado del mundo antiguo y, por consiguiente, accesibles a los mismos métodos textuales: en ambos casos, el objetivo era ir más allá de las corrupciones acumuladas en el transcurso de anteriores siglos hasta llegar a la pureza de los textos originales. Gesner, que nació y vivió la mayor parte de la Reforma, se hubiera sentido identificado con esta tarea: no sólo había aprendido griego, sino también hebreo para poder leer los textos bíblicos

originales. De hecho, se ha llegado a decir que la preocupación de los protestantes por retornar a las fuentes originales del Cristianismo tuvo un efecto muy positivo en la actitud comparable de querer estudiar «de primera mano» la totalidad del mundo natural, y Gesner resulta un buen abogado de esta tesis[10]. Existían, es cierto, corrientes más radicales de pensamiento, tanto en las ciencias naturales como en la religión, que rechazaban con aún mayor énfasis la autoridad de la tradición; pero Gesner era exquisitamente consciente del valor de los Clásicos, y no cabía esperar que siguiera tales caminos dentro de la historia natural, del mismo modo que su gran amigo de Zurich, el reformador Heinrich Bullinger, era demasiado consciente del papel central del Nuevo Testamento como para seguirlo en el terreno de la teología.

El enfoque enciclopédico, combinado con el hincapié hecho en la observación personal de la naturaleza, suministra el contexto de la segunda innovación aportada por el libro de Gesner *On Fossil Objects*. La base de este trabajo descriptivo fue la creación de una colección de especímenes. Las ilustraciones publicadas resultaban, a todas luces, tan sólo un sustitutivo cómodo de los museos: podían duplicarse en grandes cantidades por medio de la imprenta, poniendo así a disposición de los naturalistas del mundo exactamente los mismos datos. No obstante, hasta las ilustraciones podían ser equívocas y ambiguas, y su valor se veía muy ensalzado si, en casos de duda, resultaba posible estudiar los especímenes originales que habían sido copiados. Esto suponía la creación expresa, y la preservación, de colecciones de museo. También en este caso, como en el de las ilustraciones, otras ramas mejor establecidas de las ciencias naturales habían abierto ya el camino. Los jardines botánicos fueron fundados

en multitud de universidades en el transcurso del siglo XVI, y se vieron complementados por la invención del «Jardín seco», o herbario (*Hortus siccus*), para plantas prensadas. Los animales resultaban más difíciles de preservar, si bien podían recolectarse huesos y conchas. La formación de museos con materiales pertenecientes a la historia natural obedeció, naturalmente, al entusiasmo renacentista por la recolección de reliquias de la antigüedad; y, en muchos museos primitivos, se acumulaban sin orden ni concierto todo tipo de objetos, naturales y artificiales.

Con todo, y en lo que se refiere a los objetos «fósiles», la preservación en museos resultaba aún más adecuada que para los animales y las plantas: no era simplemente un sustitutivo útil, pero de segunda categoría, de una colección de organismos vivientes, sino más bien, como en el caso de las colecciones de antigüedades, el mejor medio posible para preservar los objetos deseados. Agrícola y otros autores anteriores probablemente crearan sus propias colecciones, pero el libro de Gesner es el primer trabajo sobre «fósiles» que hace referencia expresa a tal colección. Gesner expresó su gratitud a su amigo el médico Johann Kentmann de Torgau (1518-1574) por enviarle especímenes con los que complementar su colección, y saldó su deuda reproduciendo el



catálogo de la colección de Kentmann en la portada del primer volumen en que incluía sus propios trabajos[11]. La importancia del museo como innovación, en esta rama de la historia natural, viene simbolizada por el frontispicio del catálogo de Kentmann —la única ilustración que contenía. Su pequeño armario con cajones numerados (fig. 1.5) era significativamente denominado «Arca», término que destaca su función de preservador de objetos «fósiles». Si no se hubiera establecido una tradición de preservación en los museos,

resulta difícil imaginar de qué modo podría haber surgido una ciencia como la paleontológica. Como ocurre con el uso de las ilustraciones, la importancia de los museos no es síntoma de inmadurez en esta ciencia, no indica una fase «descriptiva»

aún no superada: por el contrario, los museos son un rasgo central necesario en la actividad del estudio de los fósiles, que una vez más, procede de la naturaleza inherente de éstos.

Fig. 1.5. La primera ilustración publicada (1565) de una colección de «objetos fósiles» de un museo: el «Arca» o gabinete de Johann Kentmann11. Nótese la amplia variedad de objetos indicados en la lista: por ejemplo,

«tierras» (1), pedernales (8) y mármoles (10); oro (14), plata (15), hierro (24); «piedras en animales» (6) y «varios objetos marinos» (26). La mayor parte de los fósiles, en el sentido moderno, habrían sido incluidos bajo

«piedras» (5) y «madera incluida en rocas» (12).

El «Arca» de Kentmann, y el catálogo publicado de su contenido, fueron seguidos de cerca por proyectos similares, si bien de mayor volumen. Por ejemplo, en el Vaticano, se creó un «Salón de Minerales» (*Metallotheca*), capaz de compararse con la Biblioteca

papal (*Bibliotheca*) —su contenido fue descrito en un catálogo por el médico papal, y naturalista, Michele Mercati (1514-1593), catálogo que fue posteriormente ampliado por el botánico Andreas Caesalpino (1519-1603). Del mismo modo, el naturalista Francisco Calzolari (1521-1600) creó en Verona un gran, pero misceláneo, Museo de Historia Natural, que siguió después su andadura de la mano de su hijo. Los catálogos publicados nos ofrecen, una vez más, una buena impresión, no sólo del alcance de su contenido, sino también de la atmósfera de tales museos[12]. Este tipo de catálogos estableció una tradición, que continúa en nuestros días con la publicación de reproducciones de fósiles y objetos con ellos relacionados.

IV

La deuda de Gesner para con Kentmann no es más que un ejemplo del tipo de actividad que subyacía a todos sus trabajos. Sus recopilaciones dependían no sólo de los trabajos anteriormente publicados por otros autores, tanto antiguos como modernos, y de sus propias observaciones personales, sino también de su capacidad de recurrir a informaciones nuevas y no publicadas que le eran suministradas por su red de corresponsales científicos. En cuanto a ésta última, no era especialmente infrecuente: la correspondencia entre académicos, como recuperación de una tradición clásica, fue otra de las formas en que la educación humanista benefició, durante el Renacimiento, y de un modo directo, al estudio de la naturaleza, además de aportar, con el latín, un medio para facilitar la comunicación más allá de las fronteras. En una era en la que los viajes no se emprendían a la ligera, los contactos entre los académicos, por medio de cartas, resultaban por supuesto valiosos para el intercambio y estímulo de ideas en cualquier rama del conocimiento. Con todo, este cambio resultó importante por diferentes motivos en cada una de las ramas de la Historia Natural. El tema de estudio de la Astronomía o la Química no depende estrechamente de la situación geográfica, mientras que el estudio de la Botánica, o la Zoología, depende por completo de ella. Por eso, no fue en absoluto un accidente que durante la recopilación de su *History of Animals* y la recolección de materiales para un trabajo equivalente sobre botánica, Gesner se construyera una red de corresponsales de extensión realmente excepcional, que abarcaba geográficamente desde Italia hasta Inglaterra, y desde Polonia hasta España, cruzando todas las fronteras ideológicas y políticas de una Europa dividida por el período de la Reforma.

Éste es el contexto en el que se hace evidente la tercera innovación incorporada al libro *On Fossil Objects* de Gesner. Es el primero de este tipo de trabajos en el que aparece claramente expresado un programa de investigación cooperativa sobre los «fósiles».

Gesner había recibido ya especímenes y dibujos de Kentmann y otros corresponsales, pero su libro fue explícitamente diseñado para obtener ulteriores informaciones del

mismo tipo. Había sido escrito, como explicaba él mismo, «bastante deprisa y sin demasiada preparación», en momentos de ocio, y con el fin específico de estimular en otros el interés por el tema. Su objetivo era «incitar a otros estudiantes de estos objetos en otros lugares del

mundo, a que me envíen más especímenes de piedra dignos de registrar y adecuados para su reproducción precisa». Podemos hacernos una idea de la respuesta que obtuvo esta solicitud por el hecho de que, sólo en las bibliotecas de Cambridge, se conserva media docena de copias del libro de Gesner (en su mayor parte, adquiridas en su época), a pesar de que Inglaterra pertenecía más bien a la periferia científica en lo que al siglo XVI se refiere. La propia aparición del libro de Gesner en un estadio preliminar es, por tanto, reflejo del programa de investigación que él aspiraba a poner en marcha.

Es difícil exagerar la importancia de esta innovación, al igual que el uso de las ilustraciones y la creación de colecciones de museo. Si bien el estudio de los animales y las plantas depende, sin duda, de la localidad, en el caso del estudio de fósiles esto resulta aún más cierto, y sigue siéndolo. La mayor parte de las especies de animales y plantas abundan en los hábitats apropiados, que abarcan superficies razonablemente amplias, pero, por el contrario, hasta los fósiles más comunes proceden de localidades extremadamente restringidas —una cantera de roca caliza, por ejemplo, o unas excavaciones para los cimientos de algún edificio— que pueden resultar desconocidas, o inaccesibles, para todos aquellos que no vivan en sus inmediaciones. Por ello, y aún en mayor grado que en otras ramas de la Historia Natural, el estudio de los fósiles requiere la cooperación en el esfuerzo de multitud de naturalistas que vivan en lugares diferentes.

Es sintomático del espíritu de comunidad académica que impregnaba a la mayor parte de los naturalistas del siglo XVI, que Gesner dedicara su libro de «fósiles» no, como era la costumbre, a algún dignatario local o príncipe, sino a un académico polaco al que conocía tan sólo por sus cartas y al que nunca había visto. Este mismo espíritu de comunidad se ve reflejado también en la forma en que publicó su libro. Recolectó y editó siete trabajos breves sobre cuestiones similares escritos por otros autores, publicándolos junto con su propio libro en forma de un volumen titulado *Several Books on all Kinds of fossil Objects* **[13]**. Por estos medios consiguió publicar un breve trabajo de un colega naturalista que había muerto trágicamente a una edad muy temprana, ofrecer una mayor circulación a algunos trabajos, ya publicados, de otros estudiosos, y avalar con su prestigio dos trabajos de su amigo Kentmann. Con característica modestia, su libro era el último de la colección, a pesar de ser el más sustancioso.

Hasta la segunda mitad del siglo XVII, las redes de corresponsales de los estudiosos renacentistas como Gesner no empezaron a formalizarse bajo la apariencia de

sociedades científicas que emitían boletines impresos, por medio de los cuales mantenían a sus miembros en contacto los unos con los otros. Pero la exaltación de la comunidad

científica

al

nivel

institucional

había

comenzado,

un

tanto

espasmódicamente, a comienzos de ese mismo siglo. La Academia de los Linces (*Accademia dei Lincei*), del duque Federico Cesi, en Roma, era tan sólo una de una serie de comunidades académicas de corta vida repletas de elevados y, en ocasiones, utópicos ideales para la transformación de la sociedad. Pretendían establecer «colonias»

de Linces en cada ciudad, basadas en el modelo de una orden monástica activa, para crear una amplia comunidad de estudiosos dedicados a los nuevos ideales en las ciencias naturales. De hecho, sólo llegó a fundarse una de estas colonias, en Nápoles.

Pero a esa rama de la academia pertenecía Fabio Colonna, y fue con esta comunidad idealista como contexto, donde realizó sus trabajos de historia natural[14]. Al igual que a su famoso coetáneo Galileo, a Colonna le enorgullecía situar destacadamente su título de «Lince» en las portadas de sus publicaciones. Probablemente no fuera un accidente que algunos de los estudios más significativos acerca de los fósiles publicados a comienzos del siglo XVII fueron suyos, ya que estos estudios anuncian, más que ninguna otra cosa, la gran discusión acerca de los mismos, que se produjo más adelante, en ese mismo siglo, en el seno de un escenario institucional similar.

V

Así pues, en el pequeño libro *On Fossil Objects* de Gesner nos encontramos con tres importantes innovaciones. La utilización de las ilustraciones para complementar las descripciones verbales, la instauración de colecciones de especímenes, y la formación de una comunidad académica que cooperaba por correspondencia —todas estas innovaciones habían sido ya puestas en práctica, con buen fin, en otras ramas de la Historia Natural. No obstante, sólo en el último trabajo de la prolífica vida de Gesner podemos apreciar los comienzos de la utilización de estas innovaciones en el estudio de los «fósiles»; y los trabajos publicados en ese mismo siglo, tras la muerte de Gesner, demostraron su valor potencial para aumentar el alcance de los debates acerca de la naturaleza de los «fósiles». Antes de pasar a considerar esa discusión, no obstante, es importante señalar cuáles fueron los motivos que llevaron a Gesner y a sus coetáneos a estudiar la historia natural en general y los «fósiles» en particular.

En primer lugar, era una idea muy extendida que el mundo de la naturaleza merecía ser descrito, al ser producto de la creatividad divina. La utilización del mundo natural como fuente de demostraciones racionalmente persuasivas de los atributos divinos era un uso que estaba ya largamente establecido en la Teología escolástica tradicional, que siguió siendo influyente en la teología católica de la Contrarreforma. La teología protestante, por otro lado, hacía hincapié en la imposibilidad de alcanzar el verdadero

conocimiento de Dios a través del ejercicio de la razón. No obstante, esto no hizo que devaluara el estudio de la naturaleza. Por el contrario, subrayaba que el creyente, si bien sólo podía conocer a Dios a través de la gracia y la fe, tenía el deber positivo de reconocer el divino arte del mundo natural en el que había nacido y, de hecho, de regocijarse en él. Cuando Gesner dedicó su volumen *On the Nature of Fishes and Aquatic Animals* (1558)[15], atrajo la atención del emperador hacia su contenido, fundamentalmente una especie de demostración de las maravillosas obras realizadas por Dios en el fondo de los océanos. Del mismo modo, al presentar su libro *On Fossil Objects* quedó tan fascinado por la idea de que las gemas que había entre sus fósiles pudieran ser recordatorios terrenos de la enjoyada construcción de la Celestial Ciudad de Dios, que tenía que recordarse de continuo su obligación de efectuar una descripción mundana del contenido del mismo[16]. Tales sentimientos no eran meros formulismos piadosos: expresaban una parte esencial de la dinámica que había detrás del

trabajo descriptivo, no sólo de Gesner, sino de otros muchos naturalistas del siglo XVI. Su interés y regocijo ante los diversos productos de la creatividad divina fueron factores de importancia a la hora de decidirles a ampliar el horizonte de la historia natural, llevándolo más allá de los límites de aquellas criaturas u objetos que resultaran útiles para el hombre. Esta relativa pérdida de importancia del hombre, en el seno de la historia natural, fue tan importante, a su modo, como los descubrimientos astronómicos que minaron la visión antropocéntrica, de un modo aún más radical, en el terreno de la cosmología.

A pesar de todo ello, los naturalistas del siglo XVI tenían también motivaciones utilitaristas muy poderosas. Tenían, asimismo, una fuerte base religiosa, ya que tanto la teología católica como la protestante, hacían hincapié en el derecho del hombre, sancionado por Dios, a utilizar los productos del mundo en el que vive. Una expresión directa de esta motivación utilitarista del estudio de la naturaleza puede verse, por ejemplo, en las simples exposiciones de hechos realizadas por Agrícola acerca de los minerales útiles y las técnicas de minería [17]. Entre algunos escritores, en especial entre los químicos seguidores de Paracelso, los motivos prácticos estaban íntimamente vinculados a una actitud fuertemente antitradicionalista e incluso anti-intelectual [18].

Palissy, si bien desdeñaba a Paracelso con el mismo desinterés con el que ignoraba a Aristóteles, constituye un buen ejemplo de esta tendencia, entre los escritores dedicados a los «fósiles», En su obra más importante, *Admirable Discourses* (1580), utiliza el diálogo de forma provocativa para contrastar la experiencia directa de «Práctica» con la visión, estrecha y literaria de «Teoría», del mundo; y tanto el título completo, como el contenido del libro, subrayan el valor práctico de los «secretos de la naturaleza», que serían puestos al descubierto siguiendo los preceptos de «Práctica» [19].

El título de su trabajo anterior, *A True Recipe by which all Frenchmen can learn how to multiply and augment their Riches* (1563), refleja con embarazosa claridad el basamento utilitario de su ciencia [20]. El contexto de las referencias de Palissy a los «fósiles» en ambos trabajos es, en realidad, una colección mucho más amplia de informaciones prácticas acerca de métodos agrícolas, sobre la conservación del agua, los arroyos y los pozos, sobre el diseño de un ingenioso fuerte inexpugnable, y así sucesivamente; mientras que incluso los fósiles se describen, fundamentalmente, en términos de su valor práctico como materiales básicos para la cerámica y otras artesanías de utilidad práctica.

El trabajo de Gesner, aunque lejano a todo anti-tradicionalismo, no carece por ello de elementos utilitarios. A un nivel sencillo, su interés por el valor práctico de la historia natural queda puesto de relieve por sus sistemáticos comentarios acerca de la utilidad

—agrícola, culinaria y así sucesivamente— de cada uno de los animales por él descritos.

Y en su libro sobre «fósiles» también aparece este mismo interés, con la inclusión de multitud de rocas y minerales útiles. Con todo, del contexto médico de su trabajo surgió un motivo utilitario más específico. Al igual que otros muchos escritores que, hasta hoy, hemos venido calificando de «naturalistas», Gesner, por su formación, no era solamente un académico humanista, sino también un médico titulado. En la segunda mitad de su vida fue oficial médico en jefe (*Stadtarzt*) en Zurich, al igual que lo fue Kentmann en Torgau y como lo había sido Agrícola en Joachimsthal y Chemnitz. El motor que impulsó los trabajos sobre botánica en el siglo XVI fue, fundamentalmente, y de modo explícito, de naturaleza médica: los «herbarios» como los de Fuchs se escribieron fundamentalmente con el fin de facilitar una correcta identificación de plantas con propiedades curativas **[21]** . Esta utilidad médica subyacía a gran parte de la historia natural de Gesner y sus coetáneos.

No obstante, ésta se vio fortalecida y ampliada por la creciente popularidad de la medicina de los seguidores de Paracelso. Al rechazar el concepto de Galeno de que la enfermedad era el resultado de un desequilibrio entre «humores» contrapuestos del cuerpo, substituyéndolo por el concepto de un fallo corporal específico, que hacía necesario un remedio igualmente específico, Paracelso y sus seguidores habían centrado la atención sobre el valor medicinal de determinadas sustancias. Lo que es más, al considerar los procesos fisiológicos del cuerpo como una serie de reacciones químicas directamente análogas a las que tenían lugar en el mundo exterior, ampliaron el abanico de sustancias potencialmente valiosas, hasta incluir los minerales y los metales, así como los remedios botánicos, largamente establecidos, preferidos por los médicos más conservadores. El propio Gesner estaba muy interesado, en su trabajo como médico, en la utilización de la técnica de la destilación, recién descubierta, para la extracción de principios activos o «quintaesencias» de toda una serie de materias naturales **[22]** ; y, entre

sus coetáneos, la discusión de los «fósiles» se producía a menudo en un contexto similar, como, por ejemplo, en el *Treatise on medical Waters and also Fossils* (1564), del anatomo**(2)** de Padua Gabrieli Fallopio

(1532-1563) [23] . En el libro de «fósiles» de Gesner hay poca referencia al valor medicinal de los objetos descritos, pero esto no es más que el resultado de su carácter preliminar: prometía que en su trabajo exhaustivo

«describiría en detalle hasta el último upo de piedra o mineral, su poder, su naturaleza y también su filología». Una vez más, el libro de Aldrovandi constituye una indicación útil de lo que podría haber escrito Gesner: su sección dedicada a las «piedras» incluye descripciones de la utilidad de varias de ellas, así como de algunos «objetos fósiles», y no sólo para la construcción, sino también con otros fines prácticos, y en especial, para la medicina [24] .

VI

Resulta significativo que, en la frase que acabamos de citar, Gesner pusiera el

«poder» (*vis*) de sus fósiles por delante incluso de su «naturaleza»: tan grande era —

sugiere la frase— la importancia que atribuía a su «poder». Pero no sería conforme a la historia asumir que con esta palabra quería referirse meramente a lo que nosotros llamaríamos el valor medicinal de ciertas sustancias químicas aparecidas en la naturaleza; para los naturalistas del siglo XVI tenía un significado mucho más profundo.

Aceptaran o no las enseñanzas de Paracelso, muchos de ellos estaban profundamente influenciados por la filosofía neoplatónica subyacente en ellas. En las raíces de la medicina de Paracelso había una renovada fe en el antiguo concepto de la analogía ontológica entre el Hombre y el mundo exterior [25] . El hombre era el «microcosmos», el epítome del universo; el reflejo, en miniatura, de la estructura, variedad y propósito del

«macrocosmos», exterior a él. Cualquier rasgo del universo, que rodea al hombre, podría así tener alguna analogía, algún símbolo o rasgo recordatorio en nuestro cuerpo.

De todo esto se sigue que buscar remedios específicos para enfermedades específicas no era simplemente una intuición empírica, sino, por el contrario, un intento de seguir la pista a las implicaciones del esquema fundamental de la Naturaleza. De hecho, la totalidad del universo del neoplatonismo renacentista era un entramado de afinidades y

«correspondencias» ocultas, que podían o no ser puestas de manifiesto por las similitudes, no sólo entre el macrocosmos y el microcosmo, sino también entre el cielo y la tierra, entre los animales y las plantas, y entre las entidades vivientes y no vivientes.

No obstante, esta red de afinidades ocultas era también una red de fuerza y poder, de

«simpatía» y «antipatía», capaces de actuar a distancia. Sobre esta base, multitud de fenómenos —por otra parte inexplicables— como los poderes magnéticos de la magnetita o el ámbar, podían recibir una

explicación racionalmente satisfactoria.

Dentro de este universo, las fuerzas más poderosas eran aquellas que emanaban de los cuerpos celestes, ya que, de todas las entidades creadas, los cielos ocupaban la posición más exaltada en la estructura jerárquica del cosmos neoplatónico. La astrología, en sus formas primitivas, era contemplada con sospecha por parte del pensamiento cristiano, debido a sus implicaciones deterministas; pero la «magia natural» del Renacimiento hizo que fuera una vez más aceptable, si bien bajo una forma sutilmente distinta [26]. Entre los documentos recuperados por los estudiosos humanistas se encontraban unos atribuidos a un antiguo sacerdote egipcio llamado Hermes Trismegistus. Aunque posteriormente pudo saberse que aquellos escritos no se remontaban más allá de los primeros siglos de la era cristiana, durante el Renacimiento se creía que eran obra de un coetáneo de Moisés, antiguo profeta gentil de Cristo y fuente original de la sabiduría de Platón. Con un origen tan impecablemente respetable, las narraciones «Herméticas» acerca de la utilización deliberada de poderes o influencias estelares con el fin de obtener efectos sobre la Tierra, resultó aceptable como base para una nueva forma de astrología. En lugar de hacer hincapié en el poder determinístico de las fuerzas celestes sobre el destino del hombre que le privaría del libre albedrío y la iniciativa, esta «magia natural» mostraba la capacidad del hombre para manipular estas fuerzas por sus propios medios y según sus propias necesidades.

Era «magia» en la medida en que pretendía actuar extrayendo fuerza de una oculta red de fuerzas mágicas que se ramificaba por todo el cosmos; pero era, a la vez, «natural», en la medida en que rechazaba el uso de fuerzas demoníacas (y, por consiguiente, rechazaba la práctica de la brujería) y pretendía tan sólo explotar los potenciales de un mundo natural creado por Dios. Puede argumentarse, en efecto, que esta «magia»

desempeñó un papel crucial en la aparición de la ciencia moderna, en la medida en que obtuvo el apoyo indispensable para un estudio de la naturaleza directamente enfocado a su manipulación práctica y que, por lo tanto, constituye la raíz de la síntesis —

característicamente moderna— entre ciencia y tecnología [27].

Se dé o no por buena semejante afirmación, lo que sí es cierto es que el estudio de los

«fósiles» en el siglo dieciséis no puede comprenderse en su totalidad si

no es sobre el fondo de esa compleja amalgama que fue el Neoplatonismo Hermético. Para poder capturar y explotar las poderosas influencias de los cuerpos celestes, era necesario identificar las entidades terrestres que les correspondían, en las cuales esos poderes estarían concentrados en forma accesible. Entre estas entidades, cabe destacar el papel de las piedras preciosas que, por su color, luminosidad, brillo y rareza parecen reflejar las cualidades etéreas de los cielos. En el contexto de la magia natural resultaba, por tanto, lógico atribuir a estas piedras los más notables poderes. Estos poderes se multiplicaban si las gemas eran cortadas o pulidas, ya que esto aumentaba la calidad celestial de su brillo; y podían aumentarse aún más grabando imágenes y símbolos

adecuados sobre ellas en las condiciones astrológicas correctas, ya que así aumentaba su eficacia en la atracción de los poderes de los cuerpos celestes ocultamente afines a ellas.

La importancia de la magia natural en el interés por las piedras preciosas puede apreciarse, por ejemplo, en el popular *Mirror of Stone*(3) (1502), de Camillo Leonardi, que fue editado multitud de veces durante el siglo dieciséis. Descendiente directa de los grandes lapidarios medievales, esta breve recopilación ponía especial énfasis en las

«virtudes» ocultas de las gemas, y Leonardi dedicó alrededor de un tercio del libro a la discusión de los «talismanes» tallados con imágenes mágicas[28]. Este mismo interés aparece también, en un contexto más amplio, en el trabajo enciclopédico, también popular, *On Subtlety* (1550), del filósofo natural Girolamo Cardano (1501-1576)[29]. Su obra era un compendio de información acerca de todos los aspectos del universo, en un marco neoplatónico. Su contenido iba descendiendo, de una discusión de los primeros principios y los elementos fundamentales, pasando por una descripción de los fenómenos celestes, a una consideración de los materiales terrestres; y seguidamente volvía a ascender, recorriendo la escala jerárquica, a través de las plantas y los animales, el Hombre, sus artes y ciencias, y las «inteligencias» sobrehumanas, finalmente, hasta Dios En Persona. En la sección *On Stones*, Cardano aceptaba a pies juntillas todas las

«virtudes» atribuidas a las piedras preciosas, pero intentaba darles una explicación natural en términos de su «correspondencia» con otras entidades[30].

No pueden caber grandes dudas de que también Gesner, de haber vivido para escribir su gran trabajo sobre los «fósiles», habría descrito

sus «poderes» de un modo similar, en términos de magia natural. Había conocido personalmente a Cardano en 1552 y, desde luego, conocía sus trabajos. Lo que es más, entre sus *Several Books on all Kinds of fossil Objects*, decidió volver a publicar un trabajo francés sobre piedras preciosas[31], en el que llegaba incluso a reponer algunos pasajes astrológicos que habían sido censurados en la edición original. Este trabajo trataba explícitamente de los poderes ocultos de las gemas, y las citas de Pitágoras, Plotino y «Hermes» en él utilizadas revelan, con toda claridad, su afinidad con el neoplatonismo hermético. Es cierto que Gesner manifestaba su escepticismo acerca de algunos de los poderes atribuidos a las gemas grabadas, pero no por ello dejaba de creer en la realidad de la influencia celestial sobre las gemas. Otro de sus *Several Books* fue el texto griego, y una traducción al latín, de un trabajo medieval acerca de las doce piedras de las vestiduras de los Sumos Sacerdotes judíos, en las que habían sido grabados los nombres de las doce tribus de Israel. A esto, Gesner le añadió un largo apéndice, de su propia cosecha, sobre su identificación y sinonimia[32]. A menudo eran identificadas con las doce piedras místicas del Jerusalén Celestial del Apocalipsis; y, dado que una antiquísima tradición las había identificado con los doce signos del zodíaco, su significado místico y cabalístico tenía también una dimensión astrológica. En su propia aportación al



DE OMNI RERVM FOSSILIVM GENERE, GEMMIS, LAPIDIBVS, METALLIS, ET HVIVSMODI, LIBRI ALIQVOT, PLERIQVE NVNC PRIMVM EDITI.

Operâ Conradi Gesneri: Quorum Catalogum sequens folium continet.

Tiguri, excudebat Iacobus Gesnerus. Anno M. D. LXV.

volumen, Gesner ilustraba, de hecho, estas doce piedras, pero no del modo en que estaban dispuestas sobre el peto(4), sino en forma de piedras cortadas y pulidas; y agrupaba esta serie extremadamente poderosa de gemas formando un collar en torno a dos anillos —la forma más común de llevar una piedra con las propiedades deseadas.

En uno de los anillos había un diamante cortado, la más brillante de las piedras preciosas, y en el otro una piedra con un escarabajo grabado, una «imagen»

íntimamente relacionada con los jeroglíficos que, se creía, daban cuenta de la prístina fuente Hermética de la magia natural. Entre las docenas de xilografías que ilustraban su libro *On fossil Objects*, Gesner escogió precisamente ésta, con todas sus poderosas connotaciones de magia natural, para decorar la portada de todo el volumen; como para epitomizar su contenido (fig. 1.6).

Fig. 1.6. La portada del volumen de trabajos de Gesner (escritos por él mismo y otros) sobre los «objetos fósiles» (1565). En esta copia puede apreciarse la caligrafía de algunos de los primeros propietarios. Véase texto para el significado de los anillos y gemas.

Para Gesner pues, como para tantos otros que escribieron sobre «fósiles», la posible utilización de estos objetos en la magia natural formaba parte esencial de los motivos para su estudio. Con todo, Gesner no estaba alejado de modo perceptible ni del aspecto materialmente útil de los fósiles —y en especial de su valor medicinal— ni de su valor contemplativo como obras de Dios. En el seno de un cosmos de creación divina, en el que cada parte está interrelacionada con todas las demás a través de una intrincada red de afinidades ocultas, todos estos propósitos se fundían en un todo coherente. Esto explica, por ejemplo, la por lo demás extraña mezcla de tópicos que Aldrovandi añadió a su descripción de los «fósiles»: no sólo su valor práctico en cuanto a la construcción y la medicina, sino también su aparición en proverbios, fábulas y mitos, en los sueños y en los milagros; su significado místico y «moral» y su uso en los rituales paganos y en la oración[33]. Por «acientíficos» que puedan parecer tales temas, no deja de ser cierto que éste es el contexto en el que se realizaron la mayor parte de los trabajos descriptivos sobre «fósiles» en el transcurso del siglo dieciséis; y, sin esos trabajos, los problemas de determinar el origen causal de estos objetos no podrían haber sido abordados.

VII

Los problemas de la interpretación de la naturaleza de los «fósiles» no fueron, ni para Gesner ni para sus coetáneos, cuestión de distinguir entre lo orgánico y lo inorgánico dentro de un amplio espectro de objetos «excavados». Ésta es una reconstrucción, realizada con la ventaja de la perspectiva, del debate, tal y como se desarrollaría más tarde. Pero los naturalistas del siglo dieciséis se preocupaban, con todo, por los problemas de clasificación de sus «fósiles». Resultaba esencial, como primera medida, algún tipo de agrupamiento para poder obtener cualquier información ulterior acerca de su naturaleza, pero no había método de clasificación capaz de evitar un cierto grado de interpretación, si se quería evitar que los criterios a utilizar fueran arbitrarios.

En su trabajo *On the Nature of Fossils*, publicado unos veinte años antes que el libro de Gesner, Agrícola había rechazado deliberadamente la clasificación arbitraria de los

«fósiles» en orden alfabético, que había sido la habitual en recopilaciones anteriores, e intentó clasificarlos fundamentalmente por sus propiedades físicas.

Hacía distinción entre las gemas; «tierras» como la arcilla de alfarero; «rocas» como el mármol; «metales» como las menas minerales; «fluidos solidificados» como la sal, la brea y el ámbar; y, finalmente, «piedras». Esta última categoría incluía materiales como la magnetita, la mica y el yeso, así como toda una serie de objetos que, hoy en día,

habrían sido reconocidos como fósiles en el sentido moderno. El esquema de Agrícola, no obstante, incluía también objetos que, a primera vista, parecen extraños incluso al amplio significado de la palabra «fósil». Entre las «gemas» incluía las perlas y los cálculos biliares; entre los «fluidos solidificados», incluía los corales preciosos; y entre las «piedras» diversos objetos que, se creía, habían caído de los cielos —aunque al parecer, Agrícola consideraba esto meramente una superstición propia de ignorantes.

Gesner, que siempre citaba los trabajos de Agrícola con el mayor respeto, incluyó e ilustró objetos similares en su propia recopilación, y, de hecho, llegó a publicar una breve monografía aparte dedicada a los cálculos biliares humanos, escrita por Kentmann, en su volumen compuesto[34]. Al considerar como «fósiles» tales objetos, Agrícola y

Gesner no hacían más que seguir una ya larga tradición, y, en alguna medida, puede también explicarse en términos de su interés en la medicina y, tal vez, en la magia natural. Con todo, lo que es más significativo, el factor común que unía todos aquellos objetos a los demás «fósiles» era, principalmente, su «carácter pétreo».

Este carácter de los «fósiles» fue el problema causal más frecuentemente debatido.

Aristóteles había esbozado una explicación en términos de unas exhalaciones vaporosas, y ésta había sido posteriormente elaborada por el escritor árabe Avicena y, más tarde aún, por Alberto de Sajonia, quienes la transformaron en una teoría acerca de un fluido que se solidificaba (*succus lapidificatus*, etc.). La mayor parte de los naturalistas del siglo XVI que escribían sobre «fósiles», aceptaban alguna explicación de este tipo.

Había multitud de datos que sugerían la existencia de un agente petrificador que trabajaría continuamente produciendo objetos pétreos de todos los tipos. Las estalactitas, por ejemplo, casi podían verse crecer a partir del continuo goteo del agua en el interior de las cuevas, y algunos manantiales tenían la inexplicable capacidad de recubrir los objetos con una capa de piedra. Entre los mineros existía una persistente creencia, sin duda alentada por el visible crecimiento de los minerales secundarios en las paredes de los pozos y túneles, de que los minerales que extraían estaban siendo continuamente repuestos. Los cristales que cubrían ambos lados de las vetas minerales sugerían que los materiales como el cristal de roca se formaban en las profundidades de la Tierra con la misma seguridad con la que podían formarse otros cristales a partir de disoluciones en el laboratorio [35] . El agente petrificador no parecía ver limitada su acción al interior de la Tierra. Los corales y las algas calcáreas eran muestras de su actuación en los mares, en el interior de los tejidos de las plantas (la naturaleza animal de los corales no fue descubierta hasta el siglo XVIII); los cálculos biliares y las perlas demostraban, a su vez, que podían formarse piedras en el interior del cuerpo de los animales, e incluso del hombre: y los meteoritos y otros objetos similares sugerían, tal vez por analogía con el granito, la posibilidad de que se produjeran materiales pétreos por encima de la superficie terrestre. Los objetos de esta última categoría se habrían originado en la atmósfera (creencia incongruentemente conservada hoy en día en la raíz

común de las palabras «meteorito» y «meteorología»), ya que en el marco de la cosmología aristotélica resultaba inconcebible que fenómenos tan irregulares como el trueno y el relámpago pudieran ser

otra cosa que « *meteora*». Así pues, el agente petrificador parecía impregnar la totalidad de la esfera sublunar; y por ello parecía legítimo estudiar todos los objetos por él producidos como un todo, ya se hubieran originado en el interior, en la superficie, o la atmósfera de la Tierra.

La naturaleza precisa del proceso de petrificación no estaba nada clara. Algunos aristotélicos la describían en términos de «vapores», otros en términos de un fluido o

«jugo» (*succus*). Para Falloppio era posible que existiera más de un tipo de fluido, lo que explicaría las propiedades físicas de las principales categorías de «fósiles», mientras que Palissy lo interpretaba todo en términos de filtración de sales. Pero cualquiera que fuese la explicación exacta, estas teorías parecían explicar, al menos en principio, el carácter pétreo de los «fósiles».

De modo similar, en el seno del pensamiento neoplatónico, toda evidencia de un proceso de petrificación podía interpretarse a modo de signo de «crecimiento» de las piedras. En el pensamiento neoplatónico, la distinción entre lo viviente y lo no viviente era simplemente irreal: todas las entidades compartían en algún sentido la cualidad de la «vida», por mucho que difirieran sus modos de expresión. Todas las piedras, afirmaba Cardano, están en cierto sentido vivas, si bien la vida de las plantas y los animales resulta más manifiesta. Pero también las piedras, evidentemente, compartían la característica del crecimiento, como demostraban las estalactitas y los cristales. La descomposición de algunos minerales sugería, asimismo, una analogía con la enfermedad, la vejez y la muerte; y una piedra que fue muy discutida, la *aetites* (probablemente un nódulo concrecionario), a menudo contenía una piedra de menor tamaño en el seno de una cavidad central, lo que parecía sugerir el acto de la reproducción. Incluso la propia Tierra parecía análoga a un ser viviente, en el que la filtración de las aguas superficiales correspondería a la sangre del cuerpo. Tanto si se consideraba que la formación de fósiles era algún tipo de precipitación a partir de un fluido o fluidos, como si se consideraba una analogía al crecimiento orgánico, la sustancia o *materia* de estos objetos parecía ser racionalmente inteligible. El carácter pétreo era el natural para cualquier tipo de «fósiles». La *forma* de los fósiles, por otra parte, parecía ser un problema diferente.

La utilización de estas categorías de forma y materia obedecen en parte a nuestra propia conveniencia a la hora de analizar el problema de los fósiles, ya que refleja la naturaleza del material. En términos

modernos es legítimo distinguir las cuestiones de fosilización, que afectan directamente a los materiales de que están compuestos los fósiles, y las cuestiones de la afinidad biológica, que afectan fundamentalmente a su

morfología. No obstante, esta distinción, tan inherentemente apropiada, resultaba particularmente atractiva para el pensamiento aristotélico de la mayor parte de los naturalistas del siglo XVI. Si la naturaleza de cualquier entidad podía ser analizada en términos de forma y materia, podrían utilizarse las mismas categorías para comprender la naturaleza de los «fósiles». La forma de los «fósiles» podía, pues, ser estudiada como un problema separado del de su materia.

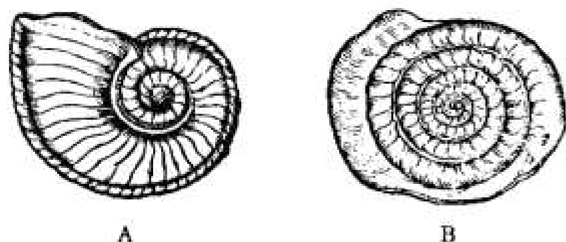
Agrícola había señalado que muchos «objetos fósiles» tienen formas características, de las cuales algunas parecen imitar otros objetos; y utilizó estas formas de modo extensivo para describir los objetos que agrupaba bajo la categoría «piedras». Así, por ejemplo, una piedra bien conocida, *belemnites*, imitaba una cabeza de flecha, mientras que otra, *ammonis cornu*, se asemejaba al cuerno de un carnero. Cardano había hecho hincapié en la distinción entre tales semejanzas, que caracterizaban invariablemente a tales tipos de piedras, y aquellas que son fortuitas como las vagas imágenes que ocasionalmente pueden aparecer sobre el mármol variegado(5). Para Gesner, el concepto aristotélico de las *differentiae* específicas, había sido fundamental en todo su trabajo biológico, ya que basó sus descripciones en la realidad de la existencia de «especies»

discretas de animales. En su revisión preliminar de los «fósiles», aplicó, por consiguiente, este concepto de la «especie», dando forma a las insinuaciones de Agrícola y Cardano, y sugiriendo que la *forma* de los «fósiles», al igual que las de las plantas, «son (por así decirlo) específicas, y siempre parecen estar ligadas a una cierta clase de objetos como si fueran peculiares de ella». Lo que es más, las «imágenes»

mostradas por estos objetos eran tanto mejores, según él, en la medida en que eran claramente *naturales* y no, como en el caso de los jeroglíficos herméticos, tallados por la mano del hombre.

Gesner, que era tan ecléctico en su visión de la filosofía natural como respecto a sus fuentes en la Historia Natural, agrupó estas unidades aristotélicas en clases que recuerdan la visión neoplatónica del cosmos de Cardano. Los «fósiles» eran clasificados según su grado de semejanza con otros objetos pertenecientes al reino de la naturaleza; y

las clases estaban dispuestas con arreglo a la cuestión de sus análogos en el esquema jerárquico cósmico, descendiendo los escalones de esa jerarquía (como señaló Gesner) del mismo modo en que el alma, en dirección opuesta, aspira a ascender hacia Dios. Así pues, comenzaba con las piedras que tenían formas relacionadas con figuras geométricas o con los elementos aristotélicos, las entidades más fundamentales del universo, descendiendo a través de aquellas que se asemejaban a los cuerpos celestes y las relacionadas de algún modo con el reino de los *meteora* y, de ahí, a aquellas semejantes a objetos terrestres. Estas últimas, a su vez, incluían piedras con semejanza a las obras del hombre (y, entre paréntesis, a aquellos objetos que debían su forma a la



mano del hombre, tales como las piedras talladas y los medallones grabados), y, finalmente, a aquellas similares a diversos tipos de plantas y animales.

VIII

Con las clases finales del esquema de Gesner hemos llegado al fin hasta aquellos objetos que, como demuestra el examen de sus xilografías, entrarían dentro de la definición moderna de la palabra «fósil». No obstante, antes de considerar cuál fue la interpretación dada por los naturalistas del siglo XVI a estas similitudes orgánicas, merece la pena señalar que existen una serie de fósiles, en el sentido moderno, que no fueron incluidos en sus clases de objetos semejantes a organismos.

En primer lugar surgían dificultades en la forma en la que los fósiles se habían preservado. La existencia y gravedad de estos problemas pueden no resultar claras, incluso para el paleontólogo moderno, dado que probablemente, éste haya olvidado las dificultades que inicialmente se plantean a la hora de reconocer y comprender los caprichos de la fosilización. Por ejemplo, es relativamente fácil reconocer la naturaleza orgánica de muchas conchas fósiles de un origen geológicamente reciente. Con toda probabilidad procederán de sedimentos no consolidados de los que pueden extraerse enteros y en buen estado de conservación; y, probablemente, su sustancia esté prácticamente inalterada, si excluimos la pérdida de su coloración original. Con todo, la mayor parte de los fósiles resulta mucho más difícil de interpretar. La desconcertante diversidad de sus modos de preservación puede hacer que su naturaleza sea todo menos obvia. Incluso unos moluscos fósiles perfectamente corrientes pueden resultar desconcertantes si, por ejemplo, la concha se ha disuelto dejando sólo un hueco vacío con un doble molde «negativo» en una roca compacta. O la propia concha puede haberse cristalizado de nuevo, formando un material muy similar a los cristalinos de origen puramente inorgánico.



Fig. 1.7. Dos ilustraciones de ammonites procedentes del libro de Gesner (1565). A uno de ellos (A) lo clasificó junto con varias conchas fósiles, pero del otro (B) pensó que se trataba de algo similar a una serpiente.

Los moluscos extintos, como los ammonites (los *ammonis cornu* de Agrícola), pueden resultar aún más desconcertantes, ya que normalmente quedan conservados en forma de moldes en roca dura o en calcita cristalina, o la concha es reemplazada por algún otro material, como una pirita, de aspecto metálico, o aparecen en forma de impresiones del grosor de una hoja de papel, aplastadas sobre la superficie de pizarras (fig. 1.7). Para los primeros naturalistas, estas dificultades se veían agrandadas por la aparición fragmentaria de muchos de los fósiles más corrientes. La naturaleza orgánica de los belemnites hubiera sido más fácil de percibir si hubieran sido conocidos en un estado de preservación más completo: en el estado en que estaban las cosas, los especímenes corrientes, que preservaban sólo la «guarda»(6) cristalina sólida, fueron vistos como algo muy similar a estalactitas y otros objetos inorgánicos de estructura comparable (figura 1.8, A). Del mismo modo, los especímenes completos de crinoideos fósiles («lirios de mar») son de origen evidentemente orgánico; pero hasta que fueron descubiertos los primeros especímenes enteros, relativamente raros, los fósiles más corrientes, que eran fragmentos aislados de su tallo e incluso osículos sueltos, resultaban, como es lógico, muy difíciles de interpretar (fig. 1.8, B, C). De hecho, esta dificultad se vio multiplicada por su modo de preservación, ya que su enclavamiento(7), normalmente en calcita, les otorgaba una apariencia cristalina y, por lo tanto, sospechosamente inorgánica.

Fig. 1.8. Ilustraciones de Gesner (1565) de belemnites (A) y osículos de crinoideo (B, C); no conocía animales vivientes comparables.

Por contra, cuando existía una similitud formal evidente entre un fósil y algún organismo viviente, podía obedecer —en términos modernos — simplemente al azar.

Por ejemplo, un nódulo de pedernal podía asemejarse a un pie humano y otro a un erizo marino: ambos objetos recordarían a una estructura orgánica, sin existir una identidad exacta. Hoy en día, podemos estar seguros de que la similitud es fortuita en el primer caso, y causalmente significativa en el segundo, pero sin una clara comprensión del proceso de la fosilización, esa conclusión no sería en absoluto evidente.

Otro de los motivos que dificultaron la percepción de las similitudes orgánicas en los fósiles, fue la falta de familiaridad con los organismos de los que se habían originado muchos de éstos. Una vez más, en este caso, la dificultad resultaba mínima para algunos fósiles cronológicamente recientes, ya que eran muy similares, si no idénticos, a especies vivientes. En el caso de muchos de los fósiles más corrientes, no obstante, las dificultades de interpretación se vieron agravadas por el hecho de que pertenecieran a grupos total o casi totalmente extintos. Los belemnites, los ammonites y los crinoideos son un buen ejemplo de esto. Los belemnites, totalmente extintos, carecían de análogo viviente alguno (sus parientes más próximos las jibias, no guardan con ellos parecido alguno); los cefalópodos vivientes con conchas divididas en cámaras como las de los ammonites fueron desconocidos hasta el siglo XVII; y no se descubrieron crinoideos vivos con tallo hasta mediados del siglo XVIII. Por consiguiente, la percepción de la similitud orgánica en un fósil dado dependía, en parte, de los conocimientos biológicos acerca de sus análogos vivientes.

El efecto de estas dificultades puede ilustrarse con singular claridad gracias al trabajo de Gesner, ya que podemos estimar con precisión, gracias a su *History of Animals*, con cuántos animales vivientes estaba familiarizado, y podemos comparar éstos con los especímenes fósiles ilustrados en su libro *On Fossil Objects*. Al igual que muchos de sus predecesores, él era perfectamente consciente de las similitudes orgánicas de la madera fosilizada, así como de los dientes y huesos

fósiles, y dispuso estos objetos en capítulos dedicados, respectivamente, a los objetos similares a los árboles o partes de los árboles, y a los objetos similares a partes de los cuadrúpedos. La mayor parte de los objetos de Gesner que son fósiles en el sentido actual, son fósiles de animales marinos, y pueden compararse con lo que había descrito él mismo, tan sólo siete años antes, en su libro *On the nature of Fishes and aquatic Animals*.

Éste fue el libro más amplio jamás recopilado acerca de los animales acuáticos.

Gesner pudo construir su obra sobre el sólido basamento de los excelentes trabajos de Aristóteles acerca de la biología marina; había tomado material de los trabajos, recientemente publicados, de los naturalistas franceses Guillaume Rondelet (1507-1566) y Pierre Belon (1517-1564) **[36]** había recibido dibujos y especímenes de sus corresponsales de toda Europa y había pasado algún tiempo en Venecia, estudiando de primera mano los peces que llegaban al mercado. Pocos naturalistas del siglo XVI tenían un conocimiento de la biología marina tan extenso como el de Gesner, ni se encontraban en mejor posición para reconocer las similitudes orgánicas de una amplia gama de fósiles comunes.

No resulta, pues, sorprendente que Gesner incluyera en su capítulo *On Stones ressembling aquatic Animals* un buen número de objetos que para nosotros pertenecerían, en efecto, a esa categoría. Por ejemplo, llegó a poseer uno de los peces fósiles del Kupferschiefe**(8)** Pérmico de Eisleben, en Sajonia: era un espécimen completo y era obviamente similar a un pez, aunque estaba aplastado sobre la superficie de pizarra y se había preservado con «escamas cobrizas». También se dio cuenta de que los objetos tradicionalmente llamados *glossopetrae*, «piedras en forma de lengua», eran similares a los dientes de los tiburones y lijas, aunque eran mucho más grandes: de hecho, había realizado ilustraciones y comentarios acerca de esta semejanza al describir los tiburones en su obra biológica (fig. 1.9). Diversas conchas de moluscos, tanto de gasterópodos como de bivalvos, no le plantearon problema alguno, ya que estaba familiarizado con una amplia variedad de moluscos vivientes; y percibió la clara similitud existente entre uno de sus especímenes fósiles y un cangrejo descrito por Rondelet (fig. 1.1).

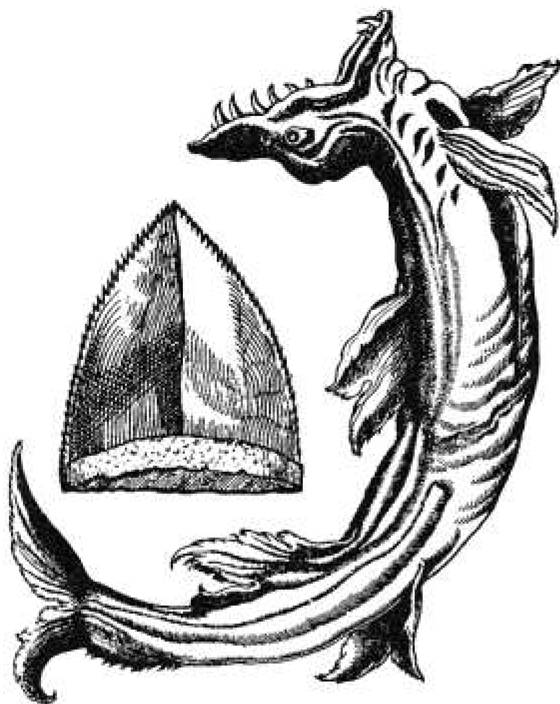
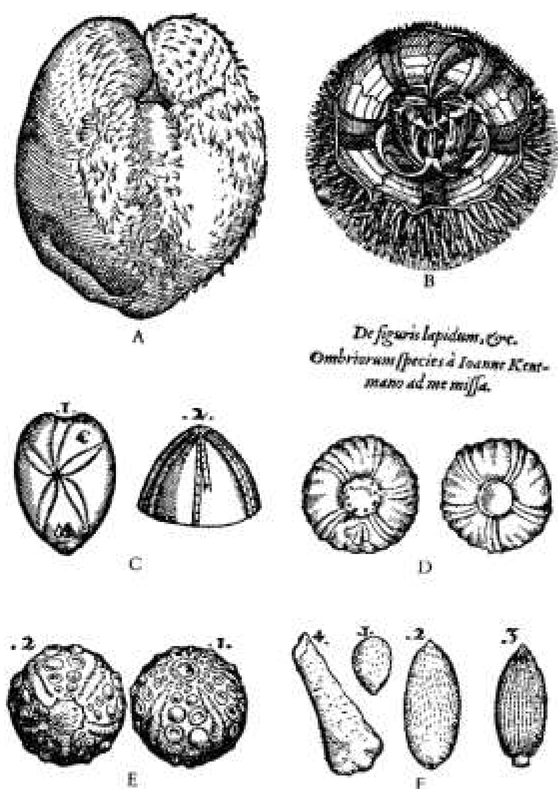


Fig. 1.9. Ilustraciones de Conrad Gesner (1558)15 de una *Glossopetra* (inserto), y de un tiburón cuyos dientes recordaba. Se trata, probablemente, de la primera ilustración occidental de un fósil en la que se le describe en relación con un animal vivo.

No obstante, muchos de sus especímenes resultaban más difíciles de interpretar. Un tanto sorprendentemente, se dio cuenta de que un molde en pedernal de un equinoideo era semejante a un erizo marino sin sus espinas y su concha (fig. 1.10, A, C): un notable triunfo sobre las dificultades de la fosilización. Por otra parte, todos los erizos marinos que conocía eran especies de espinas pequeñas y delgadas (fig. 1.10, B) y, por lo tanto, no acertó a reconocer los restos fósiles de un cidaroideo, con espinas muy grandes en forma de maza: estas espinas (fig. 1.10, F) que, normalmente, se preservan separadas de la concha, recordaban la forma de una bellota o fruto, y Gesner las incluyó en el capítulo dedicado a la madera fósil; así como en el caso de las conchas tuberculares (fig. 1.10, E) retomó la idea tradicional de que eran «huevos de serpiente», incluyéndolas en el capítulo *On Stones which resemble Serpents and Insects*. En ese capítulo incluyó también un ammonite de espiral abierta, que tradicionalmente había sido

interpretado como una serpiente enroscada; mientras que, por el contrario, se dio cuenta de que un ammonite con una espiral más apretada era semejante a las conchas de los gasterópodos vulgares (fig. 1.7). Si consideramos las dificultades ya mencionadas, no debe sorprendernos que no viera similitud orgánica en las guardas de los belemnites o en los osículos de los



crinoideos; los belemnites, en forma de dardo, y algunos osículos con forma de rueda fueron incluidos en la clase de objetos que se asemejaban a artefactos humanos, mientras que algunos osículos en forma de estrella estaban incluidos en la categoría que se asemejaba a los cuerpos celestes (fig. 1.8).

Fig. 1.10. Ilustraciones de Gesner (1558, 1565) de dos especies de erizos marinos vivientes (A, B) y tres equinoideos fósiles (C, D, E) y sus espinas (F). Reconoció una similitud entre A y C, pero los cidaroideos D-F

eran distintos de los equinoideos «regulares» que se conocían vivos (B:

nótense las delgadas espinas; el completo aparato masticador o «linterna de Aristóteles» queda expuesto por disección).

En la obra de Gesner vemos, pues, que, incluso para uno de los mejores naturalistas de su tiempo, dotado de un conocimiento notablemente extenso y detallado de los animales y las plantas vivientes, la percepción de las similitudes entre los fósiles y los organismos vivientes no era en absoluto inmediata. El material fósil incluido en su colección era de tal naturaleza que las similitudes por él percibidas iban de lo evidente a lo oscuro. En términos sencillos, no resultaba fácil trazar una línea de demarcación entre los objetos poseedores de similitudes orgánicas y el resto.

IX

Gesner eludió toda discusión explícita del origen causal de sus «fósiles», en parte porque su libro no era más que un examen preliminar sobre el tema. Tal vez sospechara que algunos de sus objetos tuvieran semejanzas con los seres orgánicos porque eran, genuinamente, restos de organismos. Su tratamiento de las *glossopetrae* en el contexto de una descripción de los tiburones, sugiere que probablemente creyera que eran, en verdad, dientes de tiburón, y es posible que llegara a conclusiones similares acerca de algunas de sus conchas, huesos y maderas fósiles. No obstante, es probable que esto le pareciera una explicación de interés y significado marginales. En efecto, todo el entramado de su clasificación muestra que, para él, el problema central era la existencia de *cualquier* tipo de semejanzas. ¿Por qué habrían de formarse rocas con formas distintivas, y por qué tantas de estas formas recordaban no sólo a organismos, sino a otras entidades del universo?

Dado que Gesner se identificaba suficientemente con el pensamiento neoplatónico como para construir su clasificación de los «fósiles» en torno suyo, probablemente se identificara lo suficiente con él como para considerar muchas (si no todas) las similitudes que percibía como manifestaciones de los ocultos lazos de analogía y correspondencia que enlazaban en una entidad única a la totalidad del cosmos.

Probablemente considerara que algunas de las similitudes eran meramente fortuitas y, por consiguiente, su inclusión en cualquiera de sus clases no era más que una ayuda conveniente para su identificación. Pero resulta mucho más probable, dado que manifestó que su esquema «seguía los mismos pasos y disposiciones que la

naturaleza», que pensara que las similitudes eran significativas. Incluso, un *trochite* (un osículo circular de equinoideo —véase fig. 1.8, B—) podía parecerse a una rueda fabricada por el hombre, según este punto de vista, dado que ambos encarnaban en sus diferentes esferas la misma idea platónica supra-material. Del mismo modo, un *astroite* (un osículo pentagonal de equinoideo —véase figura 1.8, C—) podía tener forma de estrella a causa de la influencia estelar hermética. En el marco del neoplatonismo hermético, ninguna de las similitudes percibidas por Gesner debía ser considerada fortuita. Así pues, incluso las piedras que se asemejaban a animales y plantas podían deber esa semejanza a sus lazos de afinidad con diversos organismos, y no a su origen como restos de esos organismos.

De este modo, el pensamiento neoplatónico del siglo XVI hacía que la interpretación moderna de los fósiles resultara menos convincente de lo que podría haber sido, simplemente debido a que suministraba una explicación alternativa a las similitudes entre algunos «objetos fósiles» y los organismos vivientes. Como hemos visto, existían dificultades intrínsecas en el reconocimiento de tales similitudes; pero incluso cuando

éstas eran reconocidas, la consecuencia aparente no era que los fósiles debieran ser restos de organismos vivientes. Para nosotros esa diferencia puede resultar evidente, pero a los naturalistas del siglo XVI no les resultaba nada convincente. Debido a los rompecabezas inherentes a su material de trabajo, la mayor parte de las similitudes orgánicas que podían percibir estaban lejos de ser perfectas, y no es de extrañar que, a menudo, se refirieran a ellas llamándolas «imágenes» (*imagines*), o «dibujos» (*icones*). Si el cosmos era, en efecto, una red de afinidades ocultas, sería natural que muchos

«fósiles» imitaran las formas de otras entidades. En cuanto al origen causal de esas formas, podía atribuirse a la «fuerza moldeadora» (*vis plastica*) que gobernaba el crecimiento de los organismos vivientes, pero que en este caso actuaría en el interior de la Tierra.

No obstante, incluso allá donde la filosofía natural del neoplatonismo fue rechazada o modificada, la interpretación moderna de las similitudes orgánicas de los fósiles seguía sin resultar convincente. El aristotelismo reformado y purificado que se asocia especialmente con la Universidad de Padua, fue responsable de magníficas investigaciones biológicas en el siglo que va desde los trabajos de Vesalius a los estudios en dicha Universidad de William Harvey. En lo que se refiere al problema de los fósiles, este pensamiento aristotélico, como el neoplatonismo al que a menudo se oponía, disponía de una

interpretación de las similitudes orgánicas que resultaba tan convincente como la explicación moderna. Se trazaba una línea de demarcación más clara entre lo viviente y lo no viviente, en comparación con el pensamiento neoplatónico, y hasta los organismos más sencillos poseían un «espíritu vegetativo»

(*anima vegetativa*), manifiesta en sus actividades vitales básicas. Con todo, no parecía inconcebible que, al menos, algunas de esas actividades pudieran tener lugar en el interior de la Tierra. Se pensaba que, ocasionalmente, se formaban organismos sencillos por «generación espontánea» (*generatio aequivoca*) a partir de material no viviente y, por ello, sus formas características específicas podían desarrollarse no sólo en la superficie de la tierra o en los mares, sino también en su interior, creciendo, en este caso, a partir de los materiales «pétreos» allí disponibles. También cabía la posibilidad de que crecieran organismos más complejos en el interior de la tierra si su «semilla»

característica, recipiente de su forma específica potencial, penetraba en ella arrastrada por filtraciones de agua. Por ejemplo, si la «semilla» específica de un pez penetraba en la tierra, podría «crecer» a base de materia «pétrea», generando un fósil *semejante* a un pez en la roca. Un fósil así habría crecido por medio de un proceso directamente comparable al crecimiento de un pez vivo, y debería su forma (por ejemplo) de perca, a su «semilla» formativa, pero su materia sería diferente y *no* constituiría los restos de un pez anteriormente vivo. Resultaba plausible**(9)** explicar así incluso aquellos fósiles que se asemejaban a organismos marinos, dado que era creencia general (fundamentalmente basada en la observación de manantiales perennes de abundante

flujo) que debía existir una circulación subterránea directa desde los océanos, por medio de la cual las «semillas» de organismos marinos podrían haberse alojado en el interior de la Tierra; así pues, tanto en términos neoplatónicos como en términos aristotélicos, resultaba racionalmente comprensible que entre todo el abanico de «fósiles» hubiera algunos con formas similares a las de organismos vivientes. Éstos podían haber sido producidos por una fuerza moldeadora, que ponía de manifiesto la red de actividades ocultas que cubre el universo; o podían ser generados a partir de un proceso similar, de un modo limitado, a la generación de organismos vivos. Con todo, en ninguno de los dos casos resultaba necesario invocar la hipótesis de que pudieran ser de hecho restos de animales y plantas que una vez estuvieron vivos.

X

Tanto el aristotelismo como el neoplatonismo suministraban, como hemos visto, unas interpretaciones satisfactorias de las similitudes orgánicas y, en particular, del hecho de que fueran de lo obvio a lo obscuro. Con todo, existía una razón más por la que la explicación aceptada en nuestros días siguió siendo una hipótesis de importancia sólo periférica para los naturalistas del siglo XVI. Incluso en los casos en que las similitudes resultaban más evidentes —cuando los objetos estaban en el extremo «más fácil» del espectro— existía una grave dificultad para aceptar que tenían un origen genuinamente orgánico. Aceptar esta inferencia suponía explicar también los cambios en la geografía física implicados por las *localizaciones* en las que se encontraban los fósiles.

Esta dificultad, una vez más, era mínima en el caso de fósiles marinos geológicamente recientes, dado que éstos se encuentran normalmente en sedimentos sin consolidar, en tierras bajas y, a menudo, cerca del mar. Resultaba razonablemente fácil imaginar cambios en la geografía capaces de desplazar la tierra y el mar, dejando los fósiles en las posiciones en las que posteriormente eran encontrados. Se conocían casos en los que antiguas bahías quedaban situadas a varias millas tierra adentro por los depósitos aluviales, y se sabía que en ocasiones los terremotos(10) podían producir el mismo efecto. Pero en el caso de la mayor parte de los fósiles más comunes, una explicación así exigía un esfuerzo excesivo a la imaginación, ya que a menudo eran encontrados en las cumbres de colinas muy alejadas del mar. Afirmar que su origen era orgánico suponía aceptar la existencia de unos cambios geográficos mucho más radicales de lo que parecían sugerir las pruebas existentes. Lo que es más, muchos de estos fósiles se hallaban enclavados en rocas sólidas, carentes de parecido superficial alguno con los sedimentos sueltos, por lo que no quedaba nada claro de qué modo los fósiles, aun en el supuesto de que hubieran sido orgánicos, podrían haber penetrado en su *interior*.

Existían dos soluciones alternativas a este problema, si los fósiles sometidos a discusión eran tan similares a animales marinos vivos como para que su origen orgánico resultara aparentemente indiscutible. La primera consistía en razonar que su aparición en lo alto de las colinas era resultado del Diluvio Universal, que había inundado el mundo cubriendo incluso las montañas más altas. Tertuliano y otros autores patrísticos habían utilizado la existencia de conchas en lo alto de las colinas como argumentos en favor de la

universalidad del Diluvio, para refutar a los escritores paganos coetáneos que afirmaban que éste no había sido más que una inundación local.

Esta explicación llegó a ser la norma en los escritos medievales. Desde luego, hacía necesario un cierto grado de flexibilidad en la interpretación textual, dado que la inundación registrada en el Génesis, caso de ser interpretada de manera literal, difícilmente podía haber sido lo suficientemente larga como para que los organismos marinos pudieran haber emigrado a las áreas inundadas, ni tampoco lo suficientemente violenta como para arrastrar sus conchas hasta los lugares en los que han sido encontradas. El significado literal de las Escrituras, no obstante, era el menos importante de los métodos muy diversos de exégesis respaldados por la autoridad de Orígenes, Jerónimo y Agustín, y el literalismo no era un ingrediente esencial de la ortodoxia.

El significado literal, si bien era menos edificante que las interpretaciones alegóricas, era un basamento necesario para ellas; y los esfuerzos de los estudiosos humanistas del Renacimiento por recuperar el texto original y puro de las Escrituras, reforzado por el papel que les concedían los protestantes como basamento de la fe, centró la atención en el significado directo de los pasajes narrativos como el correspondiente al Diluvio Universal. Para interpretar correctamente tales pasajes, los estudiosos recurrían, cada vez más, a los conocimientos seglares de su tiempo en busca de ayuda. Pero esto sólo sirvió para acrecentar los problemas a los que se enfrentaban [37]. Por una parte, el mayor alcance de los conocimientos biológicos planteaba problemas respecto a las dimensiones registradas del Arca, pero, y esto era más grave, un diluvio literalmente universal, exigía la aparición y subsiguiente desaparición de un ingente volumen de agua. Evidentemente, esto podía explicarse atribuyéndolo a un milagro, pero para muchos escritores esto constituía una solución poco satisfactoria, ya que situaba el acontecimiento fuera del alcance de las leyes naturales. Lo que es más, incluso en el supuesto de que pudiera resolverse el problema del agua, un Diluvio, literalmente interpretado, seguiría resultando poco satisfactorio como explicación de la aparición de fósiles marinos en lo alto de las montañas.

La única alternativa consistía en dar la vuelta a los razonamientos patrísticos, argumentando que las tradiciones paganas del Diluvio no eran más que registros imperfectos del Diluvio registrado en el Génesis, que, por ejemplo, Deucalión era nada

menos que Noé, y que el propósito del Diluvio se habría cumplido aún en el caso de que se hubiera visto confinado a los pequeños territorios habitados entonces por el hombre. Aunque esta solución planteaba nuevos problemas, tales como por qué había sido necesaria la construcción del Arca, tenía la gran virtud, a los ojos del siglo XVI, de reconciliar el Diluvio y la filosofía natural de Aristóteles. El Diluvio Universal se convirtió en una de tantas inundaciones locales que habían tenido lugar en el globo. La obra de Aristóteles *Sobre Meteorología*, de contenido más geológico de lo que sugiere su título, había delineado la acción continua y generalmente gradual de la erosión y la deposición, que con el transcurso del tiempo podía producir cambios de envergadura en la geografía física. No obstante, esto se integraba en el cosmos perpetualista de Aristóteles: «Está claro», había concluido, «que, dado que el tiempo es infinito y el universo eterno, ni el Tanais ni el Nilo han fluido desde siempre… ya que su acción tiene un fin, mientras que el tiempo no lo tiene» [38]. Este perpetualismo de Aristóteles no era obstáculo para los pensadores cristianos por causa de su escala temporal, ya que la exégesis metafórica de los «días» de la Creación venía siendo aceptada desde, al menos, los tiempos de San Agustín; pero sí amenazaba la doctrina cristiana de la creación del universo, al implicar, aparentemente, que Dios no podía trascender totalmente a su creación.

El renovado interés en la exégesis literal de las Escrituras tendió, en el siglo XVI, a dificultar aún más la aceptación del concepto aristotélico de la historia de la Tierra, dado que los cálculos de los historiadores y cronólogos se basaban cada vez más en el supuesto de que los intervalos temporales utilizados en las Escrituras, como los de las crónicas seglares, tenían connotaciones estrictamente literales. Ocasionalmente, era posible aceptar la imagen aristotélica de un mundo cambiante, de duración indefinida, para los fines de la filosofía natural, rechazando al mismo tiempo las implicaciones metafísicas y teológicas del perpetualismo aristotélico. Este tipo de actitud de compromiso fue especialmente respaldado por la organización docente de Padua, en la cual los trabajos de Aristóteles eran sometidos a estudio en una Facultad de Artes y en un contexto fundamental de educación médica, en lugar de en una Facultad de Teología. Así pues, si no entre los comentaristas bíblicos, no resultaba infrecuente entre los filósofos naturales y los naturalistas influenciados por la tradición de Padua, aceptar una visión aristotélica de la siempre cambiante geografía del globo, con inundaciones locales ocasionales por causas puramente naturales, entre las cuales el histórico Diluvio había sido una más. Desde este punto de vista no parecería existir problema alguno a la hora de aceptar el origen orgánico de los fósiles

encontrados en las colinas, o incluso de aquellos encastrados en capas de sedimentos. En la práctica, no obstante, esto no resultó tan inmediato, ya que era difícil *imaginar* los radicales cambios geográficos exigidos por esta explicación.

XI

Retrospectivamente, la interpretación moderna de la semblanza(11) orgánica de los fósiles se vio así retrasada por la ausencia de una explicación satisfactoria de los cambios geográficos. Al mismo tiempo, su aceptación resultaba menos urgente, dada la existencia, como hemos visto, de dos interpretaciones alternativas de por qué algunos

«fósiles» se parecían a los animales o las plantas. Estas alternativas parecían, de hecho, mucho más plausibles como explicación de algunos de los «fósiles» más comunes. Sólo aquellos que se encontraban en el extremo «más fácil» del espectro eran lo suficientemente parecidos a organismos vivos como para que la explicación actual resultara convincente.

Por consiguiente, no resulta sorprendente que la mayor parte de los antiguos escritores, que a menudo han sido retratados como campeones de una interpretación

«correcta» de los fósiles, son aquellos que se referían a los fósiles más «fáciles». Éstos eran, en general, conchas de moluscos marinos geológicamente recientes. Esos fósiles estaban bien preservados; pertenecían a grupos aún existentes, e incluso, a menudo, a especies aún existentes; y habitualmente se los encontraba en sedimentos mal consolidados, en tierras bajas cerca del mar. Los problemas de la materia, la forma y la situación resultaban, por consiguiente, mínimos. Se pueden encontrar referencias aisladas acerca del origen orgánico de los fósiles en muchos escritores que se remontan hasta la Antigüedad clásica, pero siempre que se mencionan localizaciones, está claro que se referían a los fósiles pertenecientes al extremo «más fácil» del espectro. Incluso el más antiguo de estos escritores, Xenophanes de Colophon (siglo VI a. C.), mencionó al parecer Malta y Siracusa, localidades ambas en las que pueden recogerse en abundancia conchas de moluscos cenozoicos espléndidamente preservados.

Del mismo modo, es bien sabido que Leonardo da Vinci (1452-1519), más de medio siglo antes de que Gesner escribiera su libro de «fósiles», registró en sus libros de notas no publicados sus motivos para pensar que las conchas fósiles eran de origen orgánico[39]. Sus comentarios, con todo, muestran que se refería fundamentalmente a

los fósiles de los estratos cenozoicos del norte de Italia, que contienen gran abundancia de conchas maravillosamente conservadas con un aspecto general muy similar a las conchas de los moluscos que viven hoy en el Mediterráneo. Las notas de Leonardo muestran, sin duda, una aguda capacidad de observación de los moluscos vivientes y su ecología, así como de los procesos de sedimentación. Leonardo reconocía que las similitudes entre los fósiles y los moluscos vivientes eran tan precisas que resultaba casi ineludible una explicación causal. Percibió que las conchas fósiles eran similares a las de los moluscos vivientes no sólo en lo que a su forma general se refiere, sino también por muchos rasgos incidentales. Por ejemplo, estaban preservadas en fases diversas de su

crecimiento y, en ocasiones, con otros organismos adheridos a ellas o atravesándolas. La aparición de estos fósiles en el *interior* de los sedimentos tampoco le planteaba problema alguno, ya que conocía suficientemente los procesos de deposición y sedimentación como para reconocer el significado de los estratos, y explicaba su consolidación en términos de un proceso de «secado».

Esta interpretación llamativamente «moderna», resultaba muy sencilla para Leonardo, no sólo porque trataba el tipo «más fácil» de fósiles, sino porque disponía de lo que en su opinión era una explicación satisfactoria de los cambios geográficos que su conclusión implicaba. Pudo tomar prestada del aristotélico medieval Alberto Magno una explicación de cómo podían haberse producido grandes intercambios entre la tierra y el mar, sin afectar la estabilidad esencial del globo. Aunque rechazaba la teoría de la generación espontánea como explicación de sus fósiles, Leonardo tenía, en general, una disposición muy favorable hacia la idea de las influencias estelares y, de hecho, probablemente fuera más correcto considerarle un «mago» hermético que un prematuro hombre de ciencia moderno. Atacó también la utilización del Diluvio como explicación de los fósiles, pero su ataque no fue, como suponía una tradición histórica ya caduca, un ataque por parte de un científico ilustrado contra los prejuicios religiosos. Leonardo estaba atacando de modo específico a los «ignorantes», esto es, a la gente sin conocimientos; su motivo esencial no era atacar a la ortodoxia cristiana, sino defender la creencia aristotélica en la causalidad racional de los acontecimientos naturales, que resultaba difícil de aplicar a una interpretación literal del Diluvio.

Esta misma motivación puede apreciarse en los trabajos del médico aristotélico Girolamo Fracastoro (1478?-1553). Con el fin de explicar la «acción a distancia», como la atracción magnética y(12) las enfermedades infecciosas, sin utilizar los conceptos

«ocultistas» neoplatónicos de la simpatía y la antipatía, Fracastoro desarrolló la idea de que los cuerpos como la magnetita, o una persona enferma, liberaban de un modo continuo *effluvia* o *seminaria* (esto tiene una espuria similitud con la teoría, muy posterior, de la intervención de los gérmenes en la transmisión de las enfermedades).

Por vagorosa(13) que pueda parecer esta explicación, tenía como virtud el someter estos fenómenos, por demás misteriosos, a la ley natural aristotélica. En 1517 se descubrieron conchas y cangrejos fósiles en unos cimientos en Verona, y al parecer Fracastoro afirmó que eran auténticos restos orgánicos, y ridiculizó toda sugerencia de que su presencia allí podía obedecer al Diluvio o una fuerza moldeadora que habría actuado en el interior de la Tierra[40]. Estos comentarios muestran las mismas motivaciones que el trabajo por el que se hizo famoso. La interpretación de los fósiles como restos orgánicos y la atribución de su emplazamiento a las siempre cambiantes posiciones de la tierra y el mar, evitaba *tanto* la explicación milagrosa de la idea del Diluvio Universal, *como* las implicaciones ocultistas de la explicación neoplatónica: los fósiles eran, por lo tanto,

explicables en términos de la ley natural. No obstante, desde el punto de vista aristotélico de Fracastoro, la generación espontánea resultaba igual de aceptable como explicación y, de hecho, se dice que la utilizó para la interpretación de algunos de los fósiles «más difíciles».

Así, pues, ni siquiera para un aristotélico resultaba necesaria la explicación orgánica para todos los fósiles. Falloppio, por ejemplo, un anatomo perteneciente a la gran tradición de Padua, hubiera sido perfectamente consciente de las semejanzas orgánicas en cualesquiera fósiles con los que hubiera estado familiarizado; con todo, era de la opinión de que su aparición en lo alto de colinas alejadas del mar, hacía que su origen orgánico fuera inaceptable. Hubiera supuesto unos cambios literalmente increíbles en la geografía, incluso en la perspectiva aristotélica de un cambio continuo en la superficie terrestre; y, por ello, parecía preferir una explicación en términos de generación espontánea.

La aceptación del origen orgánico de algunos de los fósiles «más fáciles», tampoco implicaba para los neoplatónicos la validez de la misma explicación para especímenes

«más difíciles». Así, Cardano repetía argumentaciones similares a las de Leonardo —

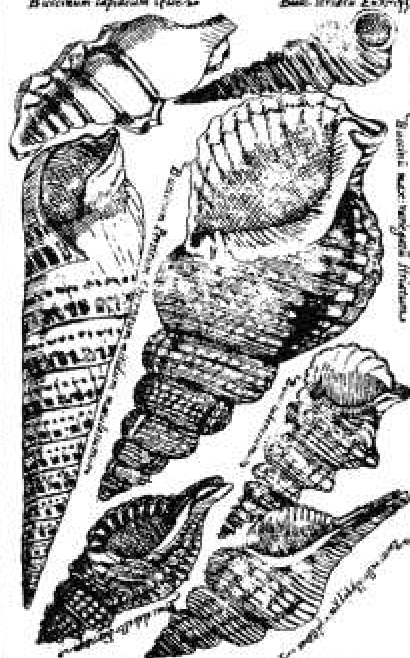
existe incluso la posibilidad de que fuera por su conocimiento de los libros de notas no publicados— y creía, evidentemente, que algunas conchas fósiles revelaban cambios en las posiciones relativas de la tierra y el mar[41]. Aun así, no adscribió estos cambios a un único Diluvio, ya que creía que se habían producido muchas inundaciones locales. Con todo, la mayor parte de los fósiles por él descritos, fueron atribuidos, en términos neoplatónicos, a la acción de una fuerza moldeadora, y Cardano creía que sus formas características poseían algún poder hermético.

Resultaba interesante apreciar de qué forma la interpretación orgánica dada por Cardano a sus fósiles «más fáciles» podría ser mal interpretada por un lector no familiarizado con su trasfondo aristotélico. Palissy leyó una mala interpretación de Cardano (en una traducción al francés) y dio por supuesto que había atribuido aquellos fósiles a un Diluvio Universal. El propio Palissy deseaba reafirmar la explicación orgánica, dado que era perfectamente consciente de las similitudes existentes entre multitud de conchas fósiles y las conchas de moluscos vivientes, mientras que, al mismo tiempo, las otras explicaciones de esas similitudes le parecían inaceptables. No obstante, rechazaba la idea aceptada del Diluvio Universal como algo inadecuado para explicar la tan generalizada aparición de fósiles muy por encima del nivel del mar[42]. Se encontraba, por tanto, en un dilema que sólo podía resolver argumentando que las conchas fósiles de tierra adentro, aun siendo realmente orgánicas, tenían un origen no marino, de agua dulce. Pero esta solución le planteó un nuevo problema, dado que muchos de los fósiles eran claramente similares a especies marinas; y, lo que es más,

sabía perfectamente que la diversidad era muy superior a la que podía encontrarse en los animales vivientes de agua dulce. Palissy sólo podía hacer frente a este problema sugiriendo, un tanto incómodamente, que algunos de los lagos interiores primitivos en los que se habrían originado las conchas fósiles, habían sido más o menos salados y, por consiguiente, capaces de sustentar especies de aspecto marino, y que algunas de las especies más comestibles habían desaparecido largo tiempo atrás a causa de un exceso de pesca. Esta línea de razonamiento más bien tortuosa resulta muy ilustrativa de las dificultades a las que se enfrentaba un naturalista del siglo XVI a la hora de afirmar el origen orgánico de los fósiles. Por otra parte, la sustancia petrificada de algunos de sus fósiles y la solidez de las rocas que los encerraban, no planteaban problema alguno a Palissy, dado que creía que la filtración de «sales» podría haber producido este cambio con gran rapidez.

Podríamos tomar a Colonna como ejemplo final de naturalista que sostuvo el origen orgánico de algunos fósiles. Sus *Observations on some aquatic and terrestrial Animals* (1616) son importantes en más de un aspecto[43]. Muchos naturalistas anteriores, y en especial Gesner, habían estado familiarizados con una amplia gama de organismos vivientes, y describían sus fósiles, como hemos visto, en un contexto esencialmente mineralógico.

Colonna, por su parte, fue uno de los primeros en situarlos fundamentalmente en un contexto biológico, describiéndolos junto con cualesquiera organismos vivos que fueran semejantes a ellos (fig. 1.11). Esto no llevó, necesariamente, a una aceptación de su origen orgánico, y varios excelentes naturalistas del siglo XVII, posteriores a él, siguieron teniendo dudas bien fundadas al respecto. Pero sí sirvió para centrar la atención más nítidamente en la naturaleza exacta de las similitudes; y no es ningún accidente que, a partir de Colonna, la mayor parte de los que defendían el origen orgánico de los fósiles fueran fundamentalmente biólogos. Colonna aplicó a sus fósiles la misma nomenclatura precisa que aplicaba a los seres vivos, distinguiendo entre diferentes tipos de fósiles relacionados con mayor precisión que nunca hasta entonces. También percibió la relación entre las conchas y sus moldes o vaciados, que aparecían en estado fósil, con lo que consiguió superar los problemas inherentes a la «materia» lo suficiente como para reconocer el origen orgánico de una amplia gama de fósiles. En particular, dedicó un ensayo especial a las *glossopetrae*, en el que argumentaba que eran verdaderos dientes de tiburón, y señalaba que, a menudo, aparecían junto con conchas de ostras y otros moluscos marinos[44]. Con todo, estas conclusiones, seguían planteándole, como a cualquier otro naturalista, el problema de los lugares en los que aparecían los fósiles; y aunque muchos de los fósiles de Colonna procedían de las colinas de Puglia y estaban incluidos en estratos sólidos, no vio otra alternativa que atribuirlos al Diluvio.


Buccinum lapideum

XII

Juzgado desde el punto de vista de la Paleontología moderna, podría parecer que este análisis de los estudios sobre fósiles del siglo XVI es una historia de fracasos. Es bien cierto que el trabajo de Gesner incorporaba importantes innovaciones de cara al desarrollo futuro de la *actividad* de la ciencia de la Paleontología, pero aún así, ni él ni sus coetáneos realizaban progresos sustanciales hacia el reconocimiento del origen orgánico de los fósiles que les eran familiares.

Fig. 1.11. Uno de los grabados en plancha de cobre de la Columna de Fabio (1616). Nótese la cuidadosa diferenciación de algunas especies vivientes de buccinos (*Buccinum*), y la inclusión de un espécimen fósil (arriba a la izquierda) dentro del mismo esquema y en el mismo grabado. Se trata de una de las primeras utilizaciones del grabado en cobre para la ilustración de fósiles; nótese el aprovechamiento del espacio disponible.

Lo que sí es cuestionable es si *deberíamos* emitir tales juicios. Desde un punto de vista histórico, esos «fracasos» aparentes pueden resultar más reveladores que las «historias de éxito» de la ciencia. El «fracaso» de un magnífico naturalista como Gesner, que no consiguió llegar a una conclusión clara acerca del origen de los fósiles, a pesar de sus amplios conocimientos acerca de los animales y las plantas vivientes, puede decirnos más acerca del mundo de la ciencia del siglo XVI que los comentarios «correctos», aislados, acerca de los fósiles, que tan asiduamente eran recolectados en una tradición histórica anterior. Como hemos podido ver, el problema no era simplemente el de decidir acerca del origen orgánico de los fósiles, sino una cuestión compleja en la que se trataba de discernir entre lo orgánico y lo inorgánico en el seno de un espectro continuo de «objetos fósiles». Había limitaciones, inherentes a la naturaleza del material disponible y al estado del conocimiento biológico, en cuanto a la gama de objetos en los que era probable que se apreciara la semblanza orgánica. No obstante, incluso cuando podían apreciarse esas similitudes, se planteaba el ulterior problema de la localización de los fósiles; y, en ausencia de una explicación satisfactoria del cambio geográfico, esto podía hacer inaceptable una interpretación orgánica. En general, la interpretación

moderna se aplicaba tan sólo en casos en los que los problemas de la materia, la forma y la posición resultaban mínimos; y esto, inevitablemente, restringía la posible aplicación de la explicación orgánica a una pequeña proporción de los fósiles conocidos.

Más allá de todas estas dificultades se encontraba un problema intelectual más grave. Incluso en los casos en los que se podían percibir con claridad las similitudes entre los fósiles y los organismos vivientes, no parecía ser una conclusión necesaria que los fósiles fueran, de hecho, los restos de organismos vivientes. Esta inferencia, tan evidente para nosotros hoy en día, no era evitada en el siglo XVI por conservadurismo intelectual o por posibles conflictos con la ortodoxia religiosa. Normalmente era ignorada o rechazada sobre la base, mucho más positiva, de que no era una inferencia necesaria en el seno de *ninguno* de los dos marcos intelectuales dominantes —y

«progresivos»— de la época. Tanto el aristotelismo renovado como el neoplatonismo sintético del siglo XVI aportaron mucho, visto en perspectiva, al posterior desarrollo de la ciencia «moderna»; pero, en lo que se refiere a los fósiles, estas dos filosofías naturales explicaban el fenómeno de la semblanza orgánica con argumentaciones tan convincentes y, de hecho más, que la del origen orgánico. Los aristotélicos podían atribuir la similitud orgánica al crecimiento *in situ* de objetos que combinaban la forma de los organismos genuinos con la materia pétrea apropiada a todos los «fósiles» —

objetos para los cuales la explicación causal era la generación espontánea, o la implantación de «semillas» específicas en el seno de la tierra. Los neoplatónicos podían atribuir esas mismas similitudes a la acción de una fuerza moldeadora omnipresente o

«virtud plástica», que hacía visible la red oculta de afinidades que enlazaba las partes del cosmos en un todo. En ambos casos, las explicaciones cubrían satisfactoriamente el

hecho de que las similitudes fueran de lo evidente a lo prácticamente imperceptible y, por consiguiente, eran más ampliamente aplicables, y tenían más «éxito», que la hipótesis del origen orgánico.

Con tan poderosas alternativas a su disposición, ninguna observación única, así como ningún espécimen, por llamativos que fueran, podían inclinar la balanza de manera decisiva en favor de una amplia teoría acerca del origen orgánico de los fósiles.

Podrían erosionar los bordes de las interpretaciones establecidas,

arrancándoles ciertos objetos y transfiriéndolos a la categoría en la que el origen orgánico resultaba aceptable, pero difícilmente podrían minar la capacidad explicativa de las alternativas en la justificación de la gran mayoría de los «objetos fósiles». La explicación orgánica no podía extenderse a un abanico más amplio de objetos hasta que la credibilidad de las explicaciones alternativas a la semblanza orgánica hubiera desaparecido; pero eso, a su vez, exigía que se produjeran cambios en las principales filosofías de la naturaleza, mucho más allá del problema del origen de los fósiles.

2. Antigüedades naturales

I

Un buen día, en otoño de 1666, unos pescadores arrastraron hasta la costa, cerca de Livorno, un gigantesco tiburón. Fue uno de esos acontecimientos perfectamente fortuitos que tienen luego grandes repercusiones en la historia de la Ciencia. Dado que cayó, por así decirlo, en terreno intelectualmente abonado, produjo un efecto catalítico notable: llevó a la disolución de la situación estabilizada que describíamos en el anterior capítulo, y a la introducción de una nueva dimensión en el debate sobre los fósiles.

El tiburón fue arrastrado tierra adentro de los territorios del Gran Duque de Toscana, Ferdinand II, quien, como generoso patrocinador de las ciencias, ordenó que su cabeza fuera llevada a Florencia, donde habría de ser diseccionada por el anatomo Niels Stensen (1638-1686) [45] . Stensen, que es más conocido por su otro nombre, el literario de Stenois (anglificado a Steno), había abandonado su Copenhague natal en 1660 para seguir sus estudios sobre medicina en Leiden que, por aquel entonces, gozaba del prestigio de ser el mejor centro de medicina —Padua había ostentado este título en el siglo anterior. Dado que en Dinamarca no había ningún puesto universitario disponible para él, Steno había seguido su camino (con una breve parada en París y Montpellier), llegando a Florencia en 1665 —exactamente un siglo después de la muerte de Gesner. La calidad de sus trabajos anatómicos había sido ya reconocida, y el Duque Ferdinand le asignó un trabajo en un hospital que le garantizaba el bienestar económico y le dejaba gran cantidad de tiempo libre para sus investigaciones. También fue miembro electo de la Academia Experimental (*Academia del Cimento*), que había sido fundada en Florencia por el hermano del Duque, Leopoldo de Médici, con unos ideales similares a los de la anterior Academia de los Linces de Roma. Más específicamente, la Academia Experimental pretendía perpetuar y extender los enfoques experimental y matemático —que con tanto éxito había empleado Galileo a comienzos de siglo— en las ciencias.

No resultaba por ello sorprendente que las investigaciones de Steno, tras su llegada a Florencia, se volcaran inicialmente hacia la aplicación de métodos similares al problema distintivamente biológico de la contracción muscular, sobre el que había comenzado a trabajar ya en Leiden. Analizando su naturaleza en términos geométricos, pudo confirmar que la hinchazón que aparece durante la contracción de un músculo obedece, simplemente, a que las fibras se acortan sin perder volumen —no era, como se

pensaba anteriormente, una verdadera hinchazón del músculo. Estaba trabajando en este «sistema geométrico de los músculos» cuando llegó la cabeza del tiburón para ser disecada. Tras un breve estudio de los órganos putrescibles de la cabeza, pudo examinar con más tiempo los dientes, y fue este examen lo que le llevó a pensar en el antiguo problema de la naturaleza de las «piedras-lengua» fósiles. Probablemente hubiera estado familiarizado con tales objetos desde sus años de universidad en Dinamarca, ya que acababa de ser publicado un catálogo ilustrado de la celebrada colección de Ole Worm (1588-1654) en Copenhague, que contenía muchos «objetos fósiles» entre otros especímenes y antigüedades de la historia natural [46] . Steno probablemente encontrara abundante material en las colecciones del Duque Ferdinand; pero, al parecer, fue el examen de los dientes del tiburón gigante lo que primero dirigió su atención al problema de los fósiles, haciéndole creer que se podía debatir de forma convincente el origen orgánico de las *glossopetrae*. Presentaba sus razonamientos sobre esta cuestión a modo de una larga digresión al final de su estudio acerca de *The head of a shark dissected*, que a su vez publicó en el mismo volumen en que iban incluidos sus *Sample of the elements of myology, or, A geometrical description of muscles* (1667) [47] .

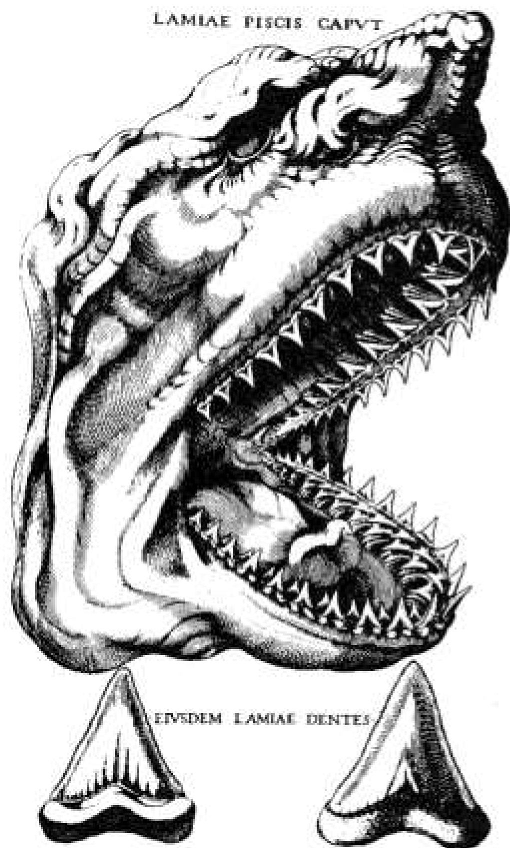


Fig. 2.1. Ilustración de Steno (un antiguo grabado de Mercati sin publicar) de una cabeza de tiburón y sus dientes (1667). Comparó los dientes con los abundantes fósiles de «piedras-lengua», de mucho mayor tamaño (*Glossopetrae*), y argumentó detalladamente la explicación causal de la similitud: que las *Glossopetrae* eran dientes fósiles de grandes tiburones.

Para demostrar que las *glossopetrae* eran en verdad dientes fósiles de tiburón, Steno tenía que empezar por demostrar que no existía evidencia alguna acerca de su crecimiento *in situ* en el interior de la roca; y aseveró que, por el contrario, a menudo mostraban signos de decadencia, lo que implicaba que no se estaban formando en el momento presente, sino que eran reliquias de un momento anterior. Pasaba después a argumentar que la «tierra» que los rodeaba, debía haber estado blanda cuando los recubrió por primera vez, ya que no estaban deformados como las raíces de los árboles que crecen en los

intersticios de las rocas. Atribuía esta blandura original de la «tierra» a que estaba mezclada con agua, bien fuera en el momento de la Creación, o en el Diluvio, y razonaba que el aspecto estratificado debía obedecer al depósito gradual de precipitaciones de sedimentos. «¡Qué bien encaja todo así!», exclamaba, «¡cuán unánimemente todo señala en la misma dirección!». No veía ya obstáculo para llegar a

la conclusión de que las piedras-lengua fueron dientes de tiburones que habían muerto durante el período de sedimentación. Esto se veía respaldado también por su manifiesta identidad en cuanto a la forma, que ilustró imprimiendo grabados del catálogo de Mercati, aún sin publicar, sobre las colecciones del Vaticano (fig. 2.1); de hecho, le pareció llamativo que aunque las *glossopetrae* fueran objetos tan completos, mostraran menos defectos respecto a su forma «ideal» que otras entidades mucho más sencillas como los cristales. Lo que es más, su diferencia *material* respecto a los dientes de los tiburones, ya fuera pétrea o terrosa, podía ser explicada con sencillez. En su opinión, como resultado, bien de una impregnación o de la pérdida de productos volátiles; y las posiciones elevadas en las que se encontraban estos fósiles —por ejemplo, las famosas localizaciones de Malta— podían atribuirse a algún tipo de cataclismo subterráneo. Para estos fósiles reconocidamente «fáciles», Steno tenía soluciones adecuadas a los problemas inherentes a la forma, la materia y la posición, y por ello podía razonar en favor de su origen orgánico con cierta confianza.

El contexto en el que se produjo el ensayo de Steno acerca de las *glossopetrae* es similar al de Colonna medio siglo antes, aunque Steno no citó los trabajos de Colonna y probablemente no los conociera. Al igual que Colonna, Steno llegó al problema de los fósiles desde sus intereses biológicos, y estaba bien situado para apreciar la detallada similitud existente entre las piedra-lengua y los dientes de los tiburones vivientes. No obstante, el ensayo de Steno presenta también varios rasgos que reflejan la tradición galileana en la que se desenvolvía, y que contrastan fuertemente con la mayor parte de los trabajos anteriores sobre el tema —si bien no con los de Colonna. En primer lugar, el problema era considerado exclusivamente como una cuestión de causa eficiente: el propósito de las *glossopetrae*, y específicamente sus «virtudes» médicas o mágicas, no se mencionaban ni siquiera para ser refutadas. Este estrechamiento de las motivaciones de interés en los fósiles, habría de ser característico del debate que abarcó el resto del siglo.

En segundo lugar, Steno abandonó la tradición enciclopédica primitiva de recopilar todas las opiniones anteriores sobre el tema, y

prácticamente no mencionaba más que a sus coetáneos: tal vez esto refleje la creciente confianza que los «modernos» tenían en su capacidad de sobrepasar los logros de los «antiguos» en todos los campos. En tercer lugar, introdujo una clara distinción entre los hechos observados referentes a las *glossopetrae* y las conjeturas por él realizadas acerca de ellas, haciendo primero una lista de las observaciones y citándolas posteriormente en los lugares apropiados de sus razonamientos, casi a la manera de un teorema matemático. Aunque esta forma matemática era más aparente que real, está claro que intentaba elaborar una argumentación convincente y conexa, que siguiera paso a paso la observación, pasando por la inferencia y llegando hasta la conclusión. Esto pone de relieve que era muy consciente de los problemas del método en la ciencia y de la necesidad de llevar a cabo la discusión científica en el seno de una comunidad comprometida con las

argumentaciones tradicionales sobre la base de la observación empírica. Así, pues, aunque Steno probablemente estuviera convencido, a título personal, de que las *glossopetrae* eran en verdad los dientes de tiburones fósiles, siempre rechazó que se hubiera pronunciado categóricamente al respecto: insistía en que su ensayo se limitaría a presentar los datos a favor de su origen orgánico, que podrían ser contestados, como en el caso de un juicio legal, por los oponentes, defensores de su origen *in situ* en el seno de las rocas.

II

Los comentarios sobre los fósiles de Steno, aunque imbricados en un trabajo fundamentalmente anatómico, no pasaron desapercibidos. De hecho, su trabajo fue sometido a la atención de los naturalistas ingleses, a los pocos meses de su publicación, por el nuevo medio del periódico científico. El secretario de la Royal Society, Henry Oldenburg, incluyó un extracto de *The head of a shark dissected* en una de las primeras ediciones de su revista de noticias para los miembros de la Sociedad, *Philosophical Transactions* [48]. No obstante, no pudo dejar de comentar que la recién nacida Royal Society no se estaba quedando atrás, en ningún sentido, respecto a los italianos, en cuanto a la atención ya otorgada a los sorprendentes problemas de los objetos fósiles. El

«Curator of Experiments» de la Sociedad, Robert Hooke (1635-1703), ya había dado conferencias sobre el tema. Hooke posiblemente conociera a Steno en 1665, mientras estaban ambos en Montpellier, y es incluso posible, que Steno obtuviera algunas de sus ideas acerca de los fósiles a través de este contacto [49].

Los logros de la Royal Society en el reino de las ciencias físicas, han tendido a oscurecer el amplio abanico de intereses de sus miembros; o, lo que es más grave, a sugerir que fuera de su investigación matemáticamente orientada, no hacían más que dedicarse indulgentemente(14) a una estéril recolección de hechos, o a mariposear con la ciencia. Una indicación de lo poco adecuado de esta idea la constituye el hecho de que, en una ocasión en que Hooke intentaba reconfortar a la Sociedad manifestando que sus empresas no eran fútiles, escogieron de hecho el problema de los fósiles como ejemplo paradigmático de los frutos del conocimiento que podían recolectarse siguiendo el método «experimental» de la investigación [50]. Aunque este problema no era, en su opinión, nada susceptible a un tratamiento matemático serviría, no obstante, para mostrar a un mundo intelectual escéptico, y a menudo hostil, que la recolección paciente de observaciones y un meticuloso ejercicio de la razón respecto a ellas, podía dar lugar a conocimientos positivos. Del mismo modo, aunque su libro Micrographia (1665) estaba ostensiblemente pensado para ilustrar la nueva dimensión del conocimiento natural que había quedado abierta por la utilización del microscopio, a

Hooke le preocupaba más utilizar esta nueva extensión de los sentidos

como vindicación del problema filosófico de la sociedad. Por consiguiente, no resultó inapropiado utilizar una observación microscópica de la madera fósil como punto de partida para un breve ensayo acerca del origen de los fósiles [51] .

Hooke observó que la microestructura de algunos especímenes de madera fósil era muy similar a la de trozos de madera podrida o quemada (fig. 2.2). Atribuyó la materia pétrea de la madera fósil a que «hubiera yacido en algún lugar en el que quedó perfectamente impregnada con agua *petrificadora*» que, según él, la habría impregnado con «partículas terrosas y pétreas». Después hizo extensiva esta explicación a otros objetos pétreos con similitudes orgánicas. En particular, consiguió discernir con éxito los confusos modos de preservación de los ammonites, y reconoció su similitud general con las conchas con cámaras de los nautilus nacarados (que eran ya conocidos en las Indias Orientales, aunque seguían siendo una gran rareza). El hecho de que no se conocieran otros parientes análogos más próximos no pareció preocuparle en esta fase, y atribuyó la posición de los fósiles en tierra simple y llanamente a «algún Diluvio, inundación, terremoto u otro fenómeno semejante».

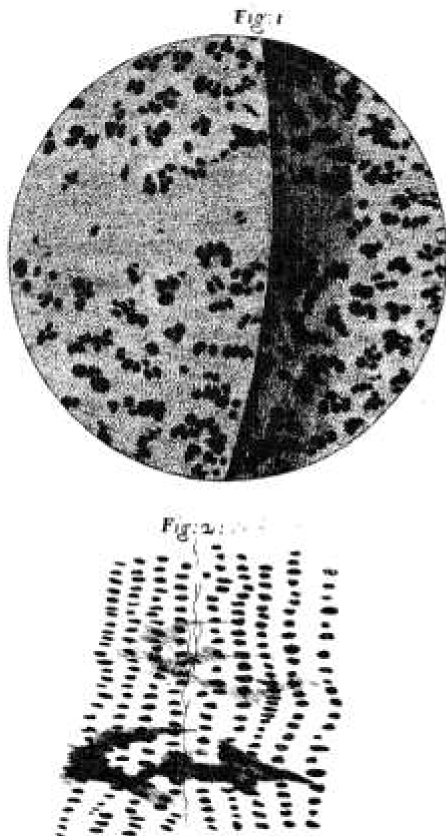


Fig. 2.2. Comparación de Robert Hooke (1665) entre la microestructura del carbón (arriba) y la de la madera fósil (abajo); se trata, probablemente, de la primera vez que se empleó un microscopio para arrojar luz sobre el problema del origen de los fósiles.

Pero, aunque así conseguía superar los problemas de la forma, la materia y la posición, la razón más convincente de Hooke para creer en el origen orgánico de sus fósiles, procedió del principio filosófico de la razón suficiente: cualquier otra explicación, argumentaba, iría «en contra de la prudencia infinita de la naturaleza», esa naturaleza que, según la vieja frase, « *no hace nada en vano*» [52] . Mientras se creyó que la forma de los «objetos fósiles» reflejaba sus afinidades cósmicas y, por consiguiente, expresaba su valor medicinal o mágico, sus diversas similitudes podían asimilarse en una visión teleológica del mundo natural. Con todo, una vez que esta creencia se volvió inaceptable, como lo era para Hooke, la similitud entre un fósil y un

organismo se convertía en algo inexplicable, a menos que existiera un origen causal directo. Una concha fósil semejante a la concha funcional de un molusco viviente no podía incorporarse a un universo del diseño, a menos que también ella hubiera servido para proteger a un animal viviente. El punto de vista teleológico, sustentado en la teología

natural de la época, no quedaba así rechazado: simplemente era desviado, convirtiéndolo en un poderoso argumento en favor del origen orgánico de los fósiles.

III

La explicación propuesta por Hooke era, en sus propias palabras, la idea de que los fósiles debían «su formación y configuración» a «alguna clase de *Plastick Virtue* (virtud plástica) inherente a la tierra». La popularidad de este punto de vista, que procede como hemos visto del neoplatonismo del siglo anterior, debía mucho a los trabajos de uno de los académicos más prolíficos y versátiles de la era, el jesuita alemán Athanasius Kircher (1602-1680). La popularísima enciclopedia de Kircher, *The Subterraneam World* (1664), describía el «geocosmos» de una Tierra estática, en términos de una extensa analogía orgánica con el microcosmos [53] . La materia pétrea de los «objetos fósiles» se atribuía a una «virtud lapidificadora difusa en todo el cuerpo del geocosmos», y su forma a un « *spiritus plasticus*» análogo a aquel que controla el desarrollo de un organismo. Esto podría ser lo que Hooke tenía en mente al escribir sus comentarios sobre fósiles para *Micrographia*. No existía similitud pétrea o parecido que resultara excesivamente inverosímil para Kircher, que adornaba su trabajo con una fantástica colección de «imágenes» supuestamente naturales, muchas de ellas claramente derivadas —con un ulterior «embellecimiento» imaginativo— de las ilustraciones, ya un tanto idealizadas, de Aldrovandi. Sería fácil pasar por alto el trabajo de Kircher como una obra «no científica» y no merecedora de mayor atención; pero, a pesar de toda su credulidad, tuvo una gran influencia al expresar una interpretación de los «fósiles» que siguió siendo popular hasta finales del siglo. En el seno de sus propios presupuestos filosóficos, aquella interpretación seguía siendo perfectamente satisfactoria como explicación del amplio y variado espectro de objetos fósiles; y allá donde era rechazado, lo era por motivos fundamentalmente filosóficos.

Esto puede apreciarse de modo singularmente claro en un libro sobre fósiles, escrito por el pintor y naturalista siciliano Agostino Scilla (1639-1700), y publicado sólo tres años más tarde que el ensayo de Steno (al parecer, desconocido para Scilla). El razonamiento básico del libro viene epitomizado en su título y su simbólico frontispicio (fig. 2.3): *Vain Speculations undeceived by Sense* (1670) [54] . Una sólida figura que representaba al «Sentido» (o mejor aún, a la «experiencia sensorial») mostraba la naturaleza manifiestamente orgánica de una *glossopetrae* y un equinoideo fósil, a una

«Especulación» en forma de aparición. Esta segunda figura no representaba, como tendía a asumir una anterior tradición histórica,

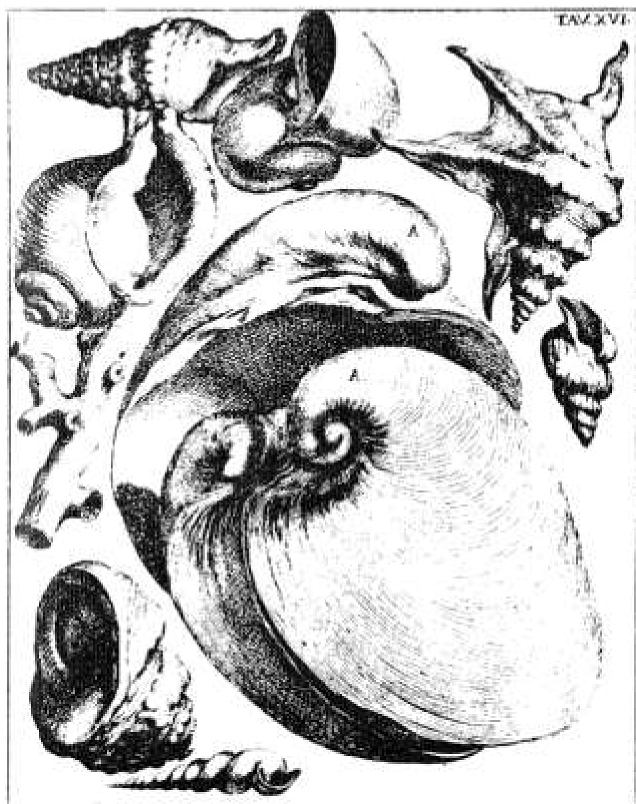
las opiniones de la Iglesia, sino la filosofía natural que atribuía los fósiles a su crecimiento *in situ* en las rocas. Para Scilla, como para Steno, era ésta la opinión que había que refutar; y, de hecho, Kircher bien podría haber sido el adversario innominado contra el que iba dirigido el libro. No



obstante, está claro que entendía el problema fundamentalmente como un choque entre posiciones filosóficas en conflicto. No obstante, al igual que Steno, trabajaba con fósiles relativamente «sencillos» —básicamente fauna cenozoica de Malta, Calabria y los alrededores de su Messina natal (fig. 2.4). Éstos eran similares en su forma a animales vivientes con los que estaba familiarizado, estaban pocos alterados en su sustancia, aparte de algunas impregnaciones, y se encontraban muy cerca del nivel actual del mar.

Su origen orgánico era, pues, relativamente fácil de defender.

Fig. 2.3. La portada del libro de Scilla sobre fósiles (1670) muestra al «Sentido» con el ojo de la Razón, demostrando a la «Vana Especulación» la naturaleza orgánica de un fósil de erizo marino y un diente de tiburón. Nótense los otros fósiles esparcidos en el suelo; Scilla explicó el origen y localización de los fósiles en términos de un diluvio general.



Al contrario que Scilla, Steno pareció darse cuenta de que la refutación de puntos de vista como los de Kircher requería algo más que la demostración del origen orgánico de ciertos fósiles relativamente «sencillos». En todo el espectro de los «fósiles», algunos objetos (como los cristales de roca), «crecían», *en efecto*, dentro de la tierra, mientras que otros (como las *glossopetrae*) eran, en su opinión, extraños a ella. Se hacían necesarios una serie de criterios para distinguir entre sí estas categorías. Una vez publicado su ensayo preliminar, Steno continuó batallando con este problema, aumentando su conocimiento de los fenómenos con él relacionados con trabajos de campo, hasta que fue convocado por el rey de Dinamarca para que regresara a hacerse cargo de un trabajo bien pagado en Copenhague, y

tuvo que contentarse con un breve *Forerunner* (1669) de su proyectada *Dissertation on a solid naturally enclosed within a solid* [55] .

Fig. 2.4. Conchas fósiles y corales ilustrados en uno de los grabados del libro de Scilla (1670) 10. Dado su buen estado de preservación y su similitud con especies vivientes, su origen orgánico pudo ser aceptado fácilmente.

En términos modernos, el contenido del *Forerunner* (Anticipo), ha sido considerado tan diverso como para justificar el que se le otorgasen los títulos de «fundador» de ciencias tan distintas como la Cristalografía, la Paleontología y la Estratigrafía; pero este juicio es anacrónico, ya que en términos de su propia época, el boceto de Steno acerca de sus proyectos de trabajo, configura una argumentación unificada. El título de la obra, que tan sorprendentemente poco informativo resulta al principio, refleja la amplitud del contexto en el que, reconocía ahora, debía abordar el problema de los fósiles. De modo característico, planteó la cuestión central en forma de teorema: «Dado un objeto poseedor de una determinada forma, y producido por medios naturales, encontrar en el propio objeto evidencia que muestre su localización y el modo en que ha sido producido». El problema consistía en determinar el origen de cualquier «fósil» de forma distintiva, ya fuera una *glossopetrae*, una concha de piedra, o un cristal. Para resolver este problema, y distinguir los «fósiles» que eran restos orgánicos de aquellos que habían sido formados *in situ* en el interior de la tierra, Steno se dio cuenta de que la evidencia crucial se encontraría en un análisis de sus modos de crecimiento. Al haber rechazado las analogías orgánicas de los rasgos terrestres, estaba perfectamente preparado para creer que los «fósiles» inorgánicos, como los cristales, no «crecían» en el seno de la tierra ni en el mismo sentido, ni del mismo modo, en que los «fósiles»

orgánicos como las *glossopetrae* habían crecido en el interior de los cuerpos de organismos vivientes.

Steno utilizó una teoría corpuscular de la materia precisamente para establecer esta distinción. Analizó las diversas formas de cristales de cuarzo y piritas en términos de su crecimiento por acreción de partículas precipitadas de los fluidos circundantes, y llegó a la conclusión de que esos cristales aparecidos en la naturaleza no

diferían de modo esencial de los conocidos experimentalmente en el laboratorio. Por otro lado, las formas variadas de las conchas de moluscos eran debidas a un modelo de acreción significativamente diferente —siguiendo los bordes de las conchas— y, evidentemente, debían su crecimiento a las actividades vitales de los animales a los que protegían. En este sentido, las conchas fósiles eran lo mismo que las conchas de los moluscos vivientes. A partir de estos análisis del crecimiento de los objetos fósiles, Steno había, en efecto, desarrollado criterios por medio de los cuales podía distinguir los objetos análogos a los cristales de los químicos, que podrían haberse desarrollado *in situ* por la filtración de fluidos al interior de la tierra, de los objetos análogos a las partes de organismos vivientes, que sólo podrían haber sido formados por tales organismos y no podrían haber crecido *in situ*. Lo que es más, una vez utilizada la filtración de fluidos para explicar el crecimiento de los fósiles inorgánicos, Steno pudo utilizarla también para explicar las diferencias residuales entre las conchas fósiles y las vivientes: toda diferencia de sustancias podía atribuirse, bien a una impregnación extra de partículas precipitadas de esos fluidos, o a la lixiviación de algunas de las partículas originales.

IV

Antes de la publicación del *Forerunner*, Steno había abandonado Florencia para regresar a Dinamarca y, aunque regresó posteriormente, no realizó ninguna otra contribución al problema de los fósiles, y la *Dissertation* jamás fue escrita. Leibniz y otros coetáneos suyos lamentaron que la conversión de Steno al catolicismo y su subsiguiente ordenación como sacerdote, parecieran desviar su atención, por completo, de todo interés hacia las ciencias naturales. Aun así, su trabajo no sufrió abandono alguno. *Forerunner* fue publicado en Florencia y Amsterdam y, cuando llegó a Inglaterra fue traducido por Oldenburg. No obstante, parece ser que el círculo de la Royal Society lo valoraba tanto por sus ilustraciones de la teoría de la materia corpuscular, como por sus conclusiones acerca de los fósiles: en su introducción, Oldenburg sugería que era una obra tan importante por su análisis de la «tierra», como el reciente trabajo de Robert Boyle acerca del aire[56]. Aunque Steno había evitado, deliberadamente, enredarse en las disputas acerca de la naturaleza de la materia, estaba explícitamente comprometido con una teoría corpuscular general, y era ésta la que le había permitido distinguir con tanta claridad entre el crecimiento de los cristales y el crecimiento de las conchas. Lo que es más, fue el clima florentino de «filosofía mecánica» lo que le empujó a buscar una explicación de la causa eficiente de los fósiles, haciendo que le resultara insatisfactoria toda afirmación de que los fósiles habían sido «producidos por la

naturaleza», a menos que se especificara por qué medio. Por ello, su trabajo fue también apreciado en la Royal Society como ejemplo de la «nueva filosofía» aplicada al viejo problema del

«crecimiento de las piedras». A Boyle, por ejemplo, le pareció relevante volver a editar la traducción de Oldenburg del *Forerunner* junto con su propio *Essay about the Origin of Gems* (1672) [57], si bien era escéptico acerca de muchos de los supuestos poderes naturales-mágicos de las piedras, creía que aquellos poderes que fueran genuinos podrían explicarse en el marco de la filosofía mecánica si se aceptaba que las piedras tenían una constitución corpuscular.

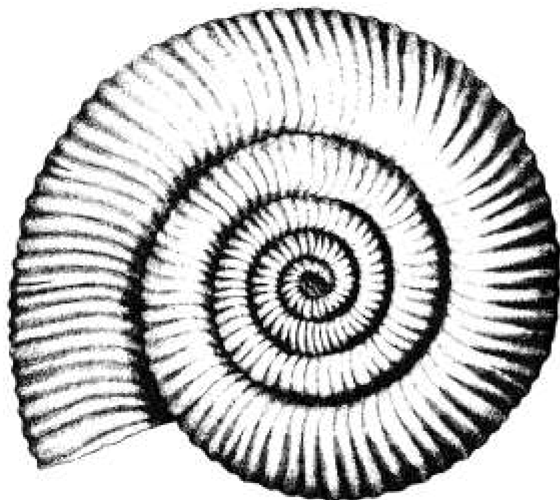
Resultaría equívoco considerar que el trabajo de Kircher tipifica la oposición a la teoría orgánica de los fósiles de Hooke y Steno. De hecho, Kircher había estudiado de primera mano algunos fenómenos en *The subterranean World* —sus descripciones de los volcanes son particularmente buenas—, pero no era un biólogo. Una figura más representativa en este sentido es el médico y naturalista inglés, Martin Lister (1638?-

1712). Casi inmediatamente después de su elección a la Royal Society en 1671, Lister comentaba el recién traducido *Forerunner* de Steno en una carta enviada a Oldenburg para su publicación en *Philosophical Transactions* [58]. Esto podría ser motivo para una cierta fama retrospectiva —o notoriedad— al ser probablemente la primera aportación a la Paleontología publicada como trabajo breve en un periódico científico.

El rechazo por parte de Lister de la teoría orgánica de los fósiles resulta de especial interés por varios motivos. Probablemente no hubiera en Europa nadie en mejor posición para apreciar las similitudes entre los fósiles más comunes y sus análogos vivientes. Lister se había embarcado ya en el gran estudio de los moluscos, que habría de culminar en su magnífico catálogo ilustrado *The History of Shells* (1685-92). No obstante, tanto en ese trabajo como en el anterior, *History of English Animals* (1678), describía e ilustraba conchas fósiles en secciones aparte, llamándolas «piedras-concha»

(*cochlites, conchites*, etc.), y negándoles todo origen orgánico, a pesar de su similitud con las conchas de moluscos vivientes [59]. Los motivos que tuvo para llegar a esta conclusión, brevemente expuestos en su carta de 1671, ilustran las dificultades a las que podía enfrentarse incluso un naturalista competente al hacer frente al problema de los fósiles.

Lister estaba dispuesto a aceptar la interpretación de Steno de sus fósiles italianos, ya que éstos se encontraban en el extremo «fácil» del espectro. Por contra, los fósiles ingleses, con los que él estaba mejor familiarizado —en términos modernos, procedentes fundamentalmente de estratos del Jurásico y el Carbonífero— planteaban problemas mucho mayores de interpretación. En primer lugar, estaba el problema de la materia: «En estas semblanzas de conchas no hay nada de *concha*», afirmaba, y de hecho muchos de sus fósiles eran de preservación especialmente confusa. Íntimamente relacionado con esto estaba el problema de su localización: «Las canteras de diferentes tipos de piedra nos dan fósiles de diferentes tipos, o distintas especies de conchas». El hecho de que determinados fósiles fueran a menudo característicos de determinados estratos, resultó ser, en un periodo posterior, la clave de la Paleontología histórica pero, para Lister, resultó ser un obstáculo insalvable. Si las conchas fósiles eran de origen orgánico y simplemente habían sido «arrojadas» a tierra, como había sugerido Hooke, deberían haberse encontrado los mismos tipos en todas partes. Dado que, por el contrario, parecían ser peculiares de determinados tipos de rocas y localidades, esto naturalmente sugería que habían crecido allí, *in situ*, del mismo modo que las plantas crecían en hábitats característicos de la superficie de la Tierra. No obstante, la tercera y más importante objeción de Lister surgía del problema de la forma: al contrario que los fósiles de Steno, «las conchas de nuestras canteras inglesas», decía, «no fueron vaciadas con arreglo a ningún *Molde de Animal*, cuya especie o raza está aún por hallarse en estado viviente en nuestros días» (fig. 2.5). Él sabía, merced a su cuidadoso y sistemático trabajo acerca de los moluscos, que sus conchas fósiles guardaban sólo una semejanza general respecto a las especies vivientes, y no una identidad total. Aunque no mencionó a Hooke por su nombre, criticó a aquellos que se contentaban con ver las similitudes generales, y mantuvo que se verían obligados a cambiar de opinión «cuando tengan a bien condescender a aceptar descripciones atentas y precisas». Lister estaba dispuesto incluso a considerar esto como la cuestión central sobre la que resolver el



problema: si los moluscos vivientes resultaban ser específicamente idénticos a sus conchas fósiles, concluía, «mi argumentación se vendrá abajo, y me sentiré felizmente convencido de mi Error». Hasta ese momento, mantenía, «probablemente opine que no existe Petrificación de las Conchas en todo este asunto…, sino que esas conchas similares a berberechos fueron siempre, como lo son hoy, *lapides sui generis*, y que nunca fueron parte de un animal».

Fig. 2.5. Ilustración de Lister (muy reducida) de un ammonite gigante, de casi 70 centímetros (1692). Estos fósiles eran tan diferentes de cualquier molusco viviente, y estaban en tal estado de preservación, que Lister dudaba de que fuesen orgánicos. Por otro lado, Hooke aceptó su origen orgánico, pero atribuyéndolos a una época remota en que la mayoría de los animales —incluido el hombre— habían sido de un tamaño gigantesco.

V

La fuerza de las objeciones de Lister fue puesta más explícitamente de relieve por su amigo John Ray (1627-1705), tal vez el mejor naturalista de su era [60] . Ray había realizado un amplio recorrido del Continente unos pocos años antes —también él había conocido a Steno en Montpellier— y en el transcurso de unos estudios principalmente sobre botánica, había tomado nota de las mejores colecciones de fósiles. Al publicar *Observations* (1673), una narración de su viaje, utilizó sus notas acerca de una colección alemana como pretexto para escribir un ensayo sobre el problema de los fósiles [61] .

Expuso, con característica justeza, los razonamientos en favor y en contra, tanto de la teoría orgánica como de la inorgánica, citando respectivamente a Hooke y a Lister para

ilustrar ambas posiciones. Como distinguido naturalista, estaba perfectamente capacitado para apreciar el valor de los razonamientos en favor de la teoría orgánica —

en sus propias palabras, era «para mí, (la) opinión más probable»—, mientras que, al mismo tiempo, reconocía que existían dos serias objeciones en su contra. En primer lugar, las diferencias entre las especies vivientes y las fósiles implicaría que algunas especies se habían extinguido, y en segundo lugar, la aparición de fósiles en colinas elevadas, e incluso en los Alpes, resultaba difícil de explicar ya fuera invocando el Diluvio, o atribuyendo el surgimiento de las montañas a la acción de los terremotos.

Estos problemas recurrentes, de forma y localización respectivamente, estaban haciéndose cada vez más agudos, al ir ampliándose el debate de los «fáciles» fósiles italianos, a los especímenes más «difíciles» que se encontraban en Inglaterra y otros lugares.

El dilema fundamental sobre la cuestión de la *forma* estaba en que los presupuestos filosóficos inherentes a la teología natural de aquel período, llevaban a conclusiones en conflicto. Por una parte, favorecían un enfoque aristotélico funcionalista de la biología

—magníficamente ejemplificado por el trabajo del propio Ray— que hacía que fuera literalmente increíble que las similitudes entre los fósiles y las conchas vivientes fueran simplemente fortuitas. Por ejemplo, si las conchas fósiles de bivalvos estaban articuladas del

mismo modo que las de los bivalvos vivientes, parecía absurdo sugerir que aquella estructura no hubiera desempeñado la misma función en ambos casos.

Como reconocían Hooke y Ray, este punto de vista teleológico era un poderoso argumento en favor de la teoría orgánica. Por otra parte, la frecuente carencia de una identidad total entre los fósiles y las especies vivientes entraba en conflicto con esta conclusión, ya que implicaba la probabilidad de la extinción. La dificultad estaba en que la extinción sugería, inevitablemente, alguna imperfección y falta de acabado en los diseños de la Creación original. Por consiguiente, amenazaba no sólo la doctrina cristiana de la providencia, sino aun más la idea, más antigua, de la plenitud con la que esa doctrina había quedado inextricablemente unida. Parecía inconcebible que cualquier forma de ser vivo que *pudiera* existir, y que, evidentemente, *había* existido, hubiera podido desaparecer subsiguientemente de la faz de la Tierra. Ésta era la objeción implícita en la oposición de Lister a la teoría orgánica de Steno; y era la misma objeción que Ray, en su juiciosa evaluación del problema consideró como una dificultad de la posición que, por otra parte, estaba inclinado a adoptar.

Sólo había una forma de resolver este dilema: las especies fósiles podían no estar en absoluto extinguidas. En opinión de Ray, tal vez fuera más razonable asumir que seguían vivas en alguna parte del mundo, si bien aún no habían sido descubiertas.

Dado que los organismos sometidos a disputa eran en su mayor parte animales marinos, y las faunas marinas exóticas seguían siendo aún poco conocidas, ésta era una

conclusión perfectamente justificable; de hecho, el caso particular citado por Ray, los crinoideos fósiles con tallo, fue vindicado medio siglo después de su muerte por el descubrimiento de especímenes vivos en aguas muy profundas de las Indias Occidentales.

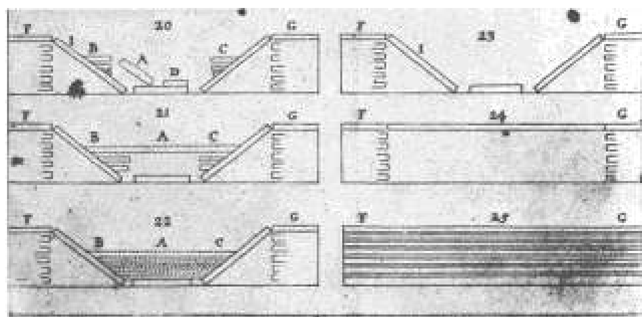
Y, no obstante, hasta el propio Ray parecía sentir que ésta no era una solución totalmente satisfactoria del problema. En un ensayo posterior acerca de los fósiles, señaló los ammonites como aquellos que más le desconcertaban: allí había un género completo, con muchas especies diferentes, totalmente desconocido en forma viviente y, con todo, Hooke había aportado buenas razones para pensar que su origen era orgánico. No obstante, las objeciones a la extinción influenciaban tan poderosamente a Ray, que se sentía inclinado a situar a los ammonites en el lado inorgánico de la demarcación, aunque estaba dispuesto a aceptar el origen orgánico de muchos otros fósiles menos

desconcertantes. No obstante, es de justicia añadir que los modos excepcionalmente confusos de preservación de los ammonites, suministraban un fuerte respaldo a su posición en este caso.

Hooke, por otro lado, estaba tan convencido, por motivos teleológicos, de que los ammonites tenían que haber sido verdaderas conchas similares a las del nautilus, que estaba preparado para aceptar el corolario de que se habían extinguido. Con todo, estaba trabajando en el marco de los presupuestos de la teología natural, lo mismo que Ray y Lister, por lo que resulta significativo que *también* estuviera dispuesto a aceptar la posibilidad de que hubieran surgido nuevas especies con el transcurso del tiempo por algún proceso análogo a la formación de nuevas variedades por selección artificial.

Antiguamente, esto se consideraba razón suficiente para ensalzar a Hooke como un antecesor iluminado de Darwin; pero, de hecho, no era tanto una teoría evolutiva como un artilugio de la razón para mantener la plenitud del orden creado. En la medida en que las nuevas especies hubieran sido formadas mientras otras se extinguían, podría decirse aún que la plenitud de la creación había quedado preservada, aunque la especie existente no hubiera sido siempre exactamente la misma. Esto no pareció resultar muy convincente para muchos de los coetáneos de Hooke, y no fue investigado más allá hasta un período muy posterior.

La segunda de las reservas de Ray acerca de la teoría orgánica, en concreto el problema planteado por la *situación* en que se encontraban los fósiles, habría de producir controversias y activas discusiones durante todo el resto del siglo. Ray, no obstante, se limitaba a expresar una incomodidad que todo aquel que investigaba acerca del origen de los fósiles sentía. No había argumentos a favor de su origen orgánico que pudieran resultar convincentes, a menos que se complementaran con una explicación de



cómo tales objetos orgánicos habían llegado a localizaciones muy por

encima del nivel del mar, o a quedar incluidos en el *seno* de las rocas.

El trabajo de Scilla muestra una fácil solución —de hecho, una solución demasiado fácil— para este problema. En su frontispicio, el «Sentido» aparecía sentado sobre un promontorio regado de restos fósiles de animales marinos, pero estos fósiles venían representados en la superficie, sueltos, no incluidos en el interior de los estratos (fig.

2.3). Aunque Scilla era perfectamente consciente de que, de hecho, aparecían en el interior de los estratos, consideraba que éstos no eran más que acumulaciones arrastradas por las corrientes, de arena y gravas, y argumentaba que el emplazamiento de los fósiles obedecía a una serie excepcional de alteraciones en las mareas, probablemente en tiempos del Diluvio.

Steno no disponía de una solución tan sencilla, ya que era excesivamente consciente de la naturaleza de la estratificación. Por consiguiente, en su *Forerunner*, desarrolló sus anteriores argumentaciones en favor del origen de los estratos por precipitación a partir de un fluido, mostrando cómo podrían haber quedado atrapadas por el sedimento las conchas de los moluscos y los dientes de los tiburones, al irse acumulando éste capa a capa. En este caso, subrayaba que estos estratos debían haberse depositado originalmente, en capas *horizontales*. Esto implicaba que la posición inclinada en la que aparecían a menudo, tuvo que deberse a cambios posteriores. Los fenómenos, por consiguiente, podían utilizarse para reconstruir, por inferencia racional, una secuencia de acontecimientos en la historia de la Tierra.

Fig. 2.6. Secciones «geométricas» del diagrama de Steno de la geología de Toscana (1669), para ilustrar su reconstrucción de las seis etapas en la historia de la Tierra, desde la deposición del estrato «primitivo» (25) al actual (20). Los estratos fosilíferos (en línea de puntos) se depositaron durante una inundación en la cuarta

etapa (22). La concepción general, y también el estilo de los diagramas, debe mucho a la primitiva teoría de Descartes del colapso de la corteza terrestre.

Steno expuso su método de reconstrucción analizando las rocas de Toscana, pero creía que ese área resultaría ser típica del resto de la

Tierra (fig. 2.6). Distinguía dos períodos diferentes de sedimentación horizontal en un fluido, dos períodos en los cuales los estratos subyacentes habían sido excavados por algún agente subterráneo, y dos períodos en los que los estratos remanentes se habían colapsado por esta causa. Los seis períodos así diferenciados son importantes, no sólo por ser el primer intento serio de reconstruir una secuencia de acontecimientos geológicos, sino, incluso más importante, porque los dos ciclos diferían fundamentalmente entre sí, y suministraban la base de una historia direccional de la Tierra. Los estratos más antiguos de Steno —las rocas pizarrosas de los Apeninos— no contenían fósiles y, por lo tanto, creía que eran anteriores a la aparición de la vida sobre la Tierra, mientras que sus estratos superiores

—las rocas subapeninas del Cenozoico— contenían restos que él había demostrado eran de origen orgánico, y, por lo tanto, daban fe de una época posterior a la creación de la vida. Aquí, por vez primera en un trabajo publicado, se utilizaron los fósiles como evidencia para la construcción de una historia de la vida. Ésta fue la nueva dimensión que los estudios de Steno, inducidos inicialmente por la inesperada recepción de una cabeza de tiburón, introdujeron en el debate acerca e los fósiles.

VI

No obstante, es precisamente en este punto donde los anteriores comentaristas de la historia de la Geología se sentían obligados a dejar de alabar a Steno como antecesor de la Geología moderna, pasando, a regañadientes, a pedir excusas por el acomodo de toda la historia de la Tierra en el margen de unos pocos miles de años. Aún así, es importante reconocer que, en el contexto de su época, el intento de Steno de armonizar sus observaciones con la historia descrita en las escrituras, no era una reconciliación hipócrita ni forzada, sino una síntesis natural de lo que tanto él como sus coetáneos, consideraban dos fuentes de evidencia igualmente válidas y complementarias —el Libro de la Palabra de Dios y el Libro de las Obras de Dios. Así, podía decir acerca de un episodio que, «las Escrituras y la naturaleza concuerdan»; de otro, que «la Naturaleza no se pronuncia (pero), las Escrituras relatan»; de otro, que «ni las Escrituras ni la Naturaleza, declaran»; y de otro más, que «la Naturaleza (lo) prueba, y las Escrituras no lo niegan». No tenía necesidad de retorcer sus evidencias para que concordaran con las Escrituras: por el contrario, creía sinceramente que sus

observaciones de la naturaleza no hacían más que ampliar y hacer más inteligibles los contornos desnudos de la prehistoria relatados en los primeros capítulos del *Génesis*.

Al evaluar la creencia, propia del siglo XVII, de que la Tierra tenía sólo unos pocos miles de años de edad, los historiadores de la ciencia parecen haber estado menos dispuestos a otorgar a esta limitada visión del tiempo la misma comprensión histórica que se otorga hoy al limitado espacio de la cosmología de Ptolomeo —e, incluso, a la copernicana. Con todo, ambos casos son claramente paralelos: un universo de tiempo limitado, al igual que un universo de espacio limitado, resultaban en su tiempo respaldados por toda la evidencia disponible, y por prácticamente todos los razonamientos del sentido común, por no hablar de la tradición. No era simplemente cuestión de conservadurismo intelectual, y aun menos problema de amenazas por parte de la Iglesia, lo que hizo que la mayor parte de los pensadores estuvieran de acuerdo en que la Tierra tenía un origen bastante reciente —si bien era muy antigua utilizando como patrón la duración de la vida humana. Incluso Thomas Hobbes, que era sin duda un heterodoxo en muchas de sus opiniones, y tal vez incluso ateo, era capaz de dar por sentada esta creencia con la misma facilidad que cualquier académico más ortodoxo [62] .

El problema de los fósiles habría de convertirse en uno de los puntos en los que esta creencia convencional habría de verse sometida a fuertes tensiones; pero, es natural que el problema fuera, inicialmente, acomodado en el seno de lo que parecía ser una conclusión perfectamente establecida.

Lejos de ser una camisa de fuerza que restringiese el desarrollo de la comprensión de los fósiles, el concepto del tiempo bíblico tuvo inicialmente el efecto contrario [63] . Los debates cosmológicos del siglo XVI y comienzos del siglo XVII se habían desarrollado en gran medida en marcos filosóficos que no potenciaban las interrogantes acerca del origen y el desarrollo de la Tierra [64] . Los cambios en la configuración de la Tierra, aunque eran continuos y, según el esquema aristotélico, tenían lugar en una escala temporal infinita, no podían considerarse direccionales —del mismo modo que no podían considerarse direccionales los movimientos regulares incesantes de los cuerpos celestes. La idea de que la Tierra había tenido una *historia* —entendiendo la palabra en su sentido moderno y no en su sentido más antiguo preservado en el término «historia natural»— apareció por vez primera en un debate «científico» no desde el terreno de la filosofía natural, sino desde la teología.

Por supuesto, el sentido lineal o direccional de la historia había sido característico del pensamiento judío, así como del pensamiento cristiano inicial: de hecho, era básico para la creencia de que Dios actuaba continuamente en el seno de la historia. En su forma cristiana, esta creencia suministraba un marco para la historia que iba desde la Creación y el Diluvio, pasando por la Alianza con Israel, hasta llegar a su punto álgido,

en la mitad de la Historia, con la llegada de Cristo. Se extendía a partir del período de la Nueva Alianza con la Iglesia hasta el futuro Juicio Final y el Milenio, y así hasta la consumación de todas las cosas [65] . En el siglo XVI este concepto direccional de la historia fue renovado no sólo por el intento consciente de retomar la doctrina auténtica del Nuevo Testamento, sino también por la creciente sensación de que la historia humana era, en efecto, direccional incluso en términos seglares [66] . Dado que lo seglar no constituía de hecho una esfera independiente, este concepto naciente del progreso humano se veía normalmente ligado a las expectativas del advenimiento más o menos inminente del Milenio, que sería testigo del establecimiento de una Edad de Oro política, social —y científica— que habría de trascender incluso a la de la Antigüedad [67] .

Con esta mayor consciencia de nuestra integración en un proceso

histórico dramático, es natural que se produjera un mayor interés por los estudios históricos. Se utilizaron métodos cada vez más sofisticados y esto llevó a la comparación crítica y a la correlación de todos los registros históricos disponibles, y al intento de una recopilación cronológica unificada de la historia del mundo. El estudio de la Cronología se convirtió, en el siglo XVII, en una actividad académica de la mayor respetabilidad; y era una actividad que, por ejemplo, Isaac Newton consideraba digna de tanta atención e investigación meticulosa como sus trabajos sobre la filosofía natural [68]. Newton ilustra también la importancia de las profecías apocalípticas como motivación para el estudio de la cronología: no era para nada una actividad propia de anticuarios, sino que, a menudo, se consideraba que tenía una relevancia política y social inmediata.

James Ussher, arzobispo de Armagh, al que a menudo se atribuye —erróneamente—

la invención de la fecha 4004 a. C. como la de la creación del mundo, fue sólo uno de los muchos estudiosos de la cronología que aplicaron los conocimientos más modernos de la filología comparada a la solución de estos problemas. Cuando Ussher publicó sus *Annals of the old covenant from the first origin of the world* (1650), el trabajo no fue considerado por los filósofos naturales como un deplorable espécimen de oscurantismo clerical, sino como uno de los trabajos sobre historia más excelentes de su época. Ussher señaló que, mientras que los autores antiguos habían desesperado de intentar remontarse cronológicamente al origen del mundo, el conocimiento moderno del cálculo astronómico, del calendario hebreo, y de los registros extrabíblicos, había hecho que el problema tuviera al fin solución [69]. La fecha precisa en la que empezaban sus anales —había situado el origen del mundo en la noche anterior al domingo 23 de octubre del año 710 del calendario Juliano (o 4004 antes de la fecha del nacimiento de Cristo, en términos convencionales)— podía levantar, y levantó, disputas en cuanto a los detalles; pero, pocos estudiosos de la cronología dudaron de los métodos de análisis

históricos del arzobispo o pusieron en cuestión la posibilidad de lograr una cronología de tamaña precisión.

Subyacente a esa precisión estaba, evidentemente, el supuesto de que la única exégesis válida, incluso para los primeros capítulos del *Génesis*, era la interpretación literal. Lo que es más, aquellos capítulos habían sido autentificados por obra divina como registros históricos. Esta suposición se veía respaldada por una creciente demanda de exégesis racionales, por un correspondiente rechazo de los métodos

alegóricos de interpretación y, de hecho, de todo método de interpretación no literalista.

Noah's Ark (1675)[70], de Kircher, con su análisis asombrosamente detallado de las dimensiones registradas del Arca, así como de la fauna que contenía, es un espécimen característico del trabajo literalista y, a la vez, altamente erudito, producido en el seno de esta tradición. No obstante, este renovado literalismo parecía verse vindicado por los estudios comparativos de los propios cronólogos. La Biblia era imprescindible no sólo como fuente de autoridad para la doctrina cristiana. También se tenía la impresión de que era la única fuente fiable, o poco menos, de información acerca de los períodos más antiguos de la historia. Incluso las fuentes griegas, y aún más los pocos registros orientales que se conocían, se convertían claramente en narraciones manifiestamente míticas y legendarias en cuanto se les seguía la pista en el tiempo; mientras que los antiguos cronistas hebreos, con su agudo sentido de la historia parecían ofrecer, por contraste, unas sobrias narraciones de los hechos acontecidos en la historia de su propio pueblo y, de hecho, de toda la raza humana, hasta los orígenes del mundo.

Sin duda, esta conclusión se veía reforzada por la sensación de que aceptar la fiabilidad literal de algunas de las crónicas orientales, hubiera supuesto emprender camino por una pendiente peligrosa que llevaba al perpetualismo aristotélico. El notorio trabajo de Isaac de la Peyrère, *Pre-Adamic Men*(15) (1655), parece un pertinente aviso de este peligro, tanto más en la medida en que su objeto era preservar la verdad de la narración bíblica y, con todo, había logrado sus propósitos sólo a costa de negar su referencia universal[71]. Este miedo era claramente una motivación importante en el trabajo de, por ejemplo, Sir Matthew Hale, *The Primitive Origination of Mankind* (1677); pero, al mismo tiempo, Hale pudo desarrollar multitud de argumentos coherentes y racionales para respaldar su conclusión de que la civilización humana no tenía una gran antigüedad[72]. Dado que ni se sospechaba, ni se consideraba aceptable, que existiera una prehistoria humana de gran duración, esto parecía lo mismo que demostrar que el origen de la humanidad era reciente. Lo que es más, dado que una Tierra sin hombres que la habitaran habría parecido, si no algo insensato, al menos sí incompleto, esa misma evidencia podía considerarse como confirmación indirecta de que la propia Tierra tenía una historia muy breve.

Una vez más, esta última suposición refleja no sólo la doctrina cristiana del hombre como rey de la creación, sino también el concepto de plenitud. Ya fuera la edad de la Tierra de unos pocos

miles de años, o la eternidad, todo el mundo asumía que la historia de la humanidad debía ser, en términos generales, coextensiva(16) a la historia de la naturaleza de la Tierra. Sólo en un período posterior se empezaron a considerar cuestiones diferentes estos dos tipos de historia. Para el siglo XVII eran, esencialmente, partes del mismo problema, ya que ambas se ocupaban de los mismos períodos de la antigüedad. Por lo tanto, no es accidental que los artículos sobre antigüedades estuvieran abundantemente representados en los primeros volúmenes de *Philosophical Transactions*, ni que muchos de los que se ocuparon de los fósiles considerándolos como pistas de la historia de la naturaleza, trabajaran también en el terreno de los estudios históricos y de la Antigüedad [73] .

VII

El acuerdo general alcanzado entre los cronólogos del siglo XVII de que la edad del mundo era de unos seis mil años, no afectó gravemente a aquellos que, como Steno, estaban interesados en los acontecimientos naturales que habían tenido lugar en la Tierra. Cualquiera que fuese el punto de partida concreto de la historia del mundo, la cronología suministraba un entramado sobre el que podían encajarse no sólo los acontecimientos de la historia humana, sino también todos aquellos acontecimientos naturales que pudieran inferirse. A Steno no le produjo ninguna sensación de limitación acomodar su historia geológica en seis fases de Toscana, dentro de las fronteras de la cronología convencional. Por ejemplo, a él le parecía natural, como les ocurría a sus coetáneos, interpretar un esqueleto recientemente descubierto de un elefante (del Pleistoceno) como el último superviviente de los del ejército de Aníbal; porque había buenos registros históricos de aquella invasión y no existía registro alguno de la existencia de elefantes en Italia en ningún otro período. De hecho, tenía tan poca conciencia de la necesidad de comprimir su historia en una escala temporal embarazosamente breve, que todos sus razonamientos muestran precisamente la preocupación contraria: a saber, que pudiera ser ridiculizado por haber estimado una antigüedad excesiva para los acontecimientos relatados. Para sus contemporáneos resultaba ya suficientemente maravilloso que las monedas, urnas y estatuas de la antigüedad clásica hubieran sobrevivido a su enterramiento durante dos milenios, y Steno tenía la impresión de que debía hacer frente a la objeción de que cosas más perecederas, como las conchas marinas, pudieran haber sobrevivido, enterradas bajo tierra, durante períodos aún más largos. Esto explica su enorme placer al encontrar una cadena de evidencias que remontaba irrefutablemente la antigüedad de algunos de sus fósiles, casi hasta la fecha del Diluvio. Señaló que la ciudad etrusca de Volterra, que

estaba en la cumbre de su poder cuando se fundó Roma, contenía conchas fósiles en los bloques de piedra más antiguos de sus murallas; y que la ciudad en sí había sido construida sobre una colina compuesta de estratos que contenían otras conchas que ni siquiera estaban petrificadas. Esto demostraba, según él, que las conchas eran capaces de sobrevivir, prácticamente sin cambio alguno, durante al menos tres mil años, por lo que resultaba razonable atribuir la época de la deposición de los estratos fosilíferos a la fecha del Diluvio. En su opinión, ningún otro acontecimiento registrado en la historia podría

haber sido lo suficientemente drástico en sus efectos como para explicar la posición de aquellos estratos marinos muy por encima del nivel actual del mar; y no había nada en aquellos estratos que pudiera utilizarse para contradecir la breve narración del acontecimiento que aparece en las Escrituras.

Con todo, que Steno asignara la deposición de todos los estratos fosilíferos al Diluvio, planteó problemas muy agudos que persistieron durante el resto del siglo. La solución por él planteada era considerada insatisfactoria, dado que resultaba difícil de reconciliar con la exigencia cada vez mayor, *tanto* de una interpretación literal de las Escrituras *como* de explicaciones naturales, conformes a la razón. No era fácil concebir cómo una extensa serie de estratos que contenían fósiles marinos habían podido depositarse, bien durante el período registrado de duración del Diluvio, o por el *tipo* de Diluvio descrito en las Escrituras. Lo que es más, incluso si se adoptaba una exégesis más elástica quedaba aún sin respuesta el interrogante del origen y la desaparición de las aguas del Diluvio. La solución anterior, utilizada por ejemplo por Calvino, y revivida por de la Peyrère, era que, a la vista del objeto divino del Diluvio, sus efectos podían haberse visto limitados al área ocupada por aquel entonces por el hombre; pero esto se consideraba ahora inaceptable por estar en conflicto con las Escrituras. Por otra parte, si el Diluvio había sido universal, habría sido necesario un prodigioso volumen de agua para cubrir los picos más altos de las montañas; y con todo, postular la creación directa y la posterior aniquilación de toda esa agua, parecía una interrupción arbitraria del uso normal que Dios hacía de las causas secundarias. Era en este sentido en el que, para Ray, el Diluvio era una explicación inadecuada de la presencia de fósiles en estratos a gran altura sobre el nivel del mar.

También Hooke era de la misma opinión. En 1668 —antes de la publicación del *Forerunner* de Steno— había ampliado los breves comentarios sobre fósiles ya publicados en *Micrographia* convirtiéndolos en un largo discurso ante la Royal Society [74]. En él rechazaba la utilización del Diluvio como explicación de la presencia de fósiles en tierra. Pero esto no reflejaba deseo alguno por parte de Hooke de rechazar la cronología convencional de la historia de la Tierra y, menos aún, de atacar la buscada concordancia entre la naturaleza y las Escrituras. Por el contrario, por muy «modernas»

que puedan parecer sus conclusiones en ciertos aspectos, se encuentran engarzadas, con la misma comodidad que las de Steno, en el entramado de unos pocos milenios.

Hooke empezó por ampliar sus anteriores argumentaciones en favor del origen orgánico de los fósiles utilizando, una vez más y de forma prominente, la argumentación de la teología natural de que si los fósiles *no* fueran orgánicos, carecerían de propósito. Posteriormente elaboró una analogía entre las conchas fósiles, como indicadores de la antigua extensión de los mares, y las monedas romanas como indicadoras de la extensión de un antiguo imperio. Esto no fue, como llegaría a ser en un período posterior, una analogía puramente metodológica entre una ciencia histórica y otra; para Hooke, se trataba de construir una cronología del mismo período de la historia, suplementando una fuente de evidencia con la otra. La tarea del «Anticuario Natural» consistía en ampliar, con la ayuda de los fósiles, los registros utilizados por los estudiosos de las antigüedades «artificiales». Lo que es más, los fósiles tenían, de hecho, ciertas ventajas en relación con otros registros más convencionales. Evidentemente, habían sobrevivido mejor que las pirámides y los obeliscos de Egipto a períodos de tiempo aún más largos que éstos, mojones de la más antigua civilización conocida; y eran «más legibles» que los jeroglíficos aún no descifrados de aquella civilización.

Aunque la supuesta antigüedad de los escritos herméticos conocidos en el Renacimiento había sido refutada a principios del siglo XVII, los estudiosos como Kircher mantenían la opinión de que los jeroglíficos encarnaban la sabiduría de una era culta de gran antigüedad [75]. Semejante creencia, no obstante, no constituía una curiosidad pasada de moda: Newton, por ejemplo, creía con total seriedad que tan sólo estaba redescubriendo los principios de la filosofía natural, que habían sido conocidos en aquélla era y, posteriormente, olvidados [76]. También Hooke suscribía la misma creencia, y valoraba las «antigüedades naturales» como los fósiles, fundamentalmente por la luz que podrían arrojar sobre las oscuridades de aquel período de la historia de la Tierra. No ponía en duda la realidad del Diluvio, ya que estaba registrado en multitud de registros extrabíblicos, además de en el *Génesis*, pero lo consideraba una solución inadecuada para el problema de los fósiles. Al contrario que Steno, Hooke —más literalista— consideraba que el Diluvio había sido un acontecimiento demasiado breve como para explicar el emplazamiento de fósiles marinos en rocas muy alejadas del mar.

En su lugar, y citando innumerables registros históricos, argumentaba que los terremotos podrían haber sido los causantes de los efectos observados.

La utilización de los terremotos por parte de Hooke, como agentes del cambio geográfico, aún no siendo original, le permitió integrar su

creencia en la naturaleza orgánica de los fósiles con su creencia, igualmente firme, de la brevedad de la existencia de la Tierra. Basándose en el supuesto de que en su origen la Tierra había sido un objeto fluido y caliente, podía argumentar que al principio los terremotos habrían sido más

potentes y, por consiguiente, que habrían sido capaces de producir cambios más drásticos que los registrados en tiempos más recientes. Este concepto de cambio direccional en la historia de la Tierra encajaba bien en la tendencia común de que la Tierra estaba sufriendo un proceso de decadencia, habiendo partido de un estado de prístina perfección [77] ; y Hooke, incluso, tomó prestada de las Escrituras la analogía orgánica de que la Tierra «envejecía». Esto también resultaba acorde con las creencias tradicionales —y venía sugerido no sólo por las leyendas de la antigüedad, sino también por el descubrimiento de grandes huesos fósiles— de que la Tierra, en su

«infancia», había albergado una raza de gigantes; y Hooke sugería que los ammonites gigantes de las calizas de Portland (fig. 2.5), mucho mayores que ningún otro molusco viviente conocido, pertenecían al mismo período. Estas y otras especies que sólo habían sido encontradas en estado fósil, podrían haber sido destruidas por los mismos terremotos catastróficos, oscuramente narrados, por ejemplo, en la leyenda de Platón acerca del hundimiento de la Atlántida. Del mismo modo, la prístina Era del Conocimiento, cuya sabiduría había llegado a nosotros sólo en formas corruptas, mitológicas o indescifrables, podría haber sido aniquilada por el terremoto que causó el Diluvio del que Noé fue el único superviviente.

En esta síntesis de la historia natural y la humana sólo había una característica que hubiera parecido sorprendente a los coetáneos de Hooke, y ésta era su aseveración de que la extinción de especies antiguas y la formación de especies nuevas en la historia,

«no resultaba improbable». Su utilización de los terremotos, aunque supuso la aportación de un nuevo factor atractivo a los debates, tampoco resultaba totalmente satisfactoria, como reconocía claramente Ray. No resultaba nada evidente que los terremotos registrados históricamente hubieran tenido, en general, los efectos que Hooke les atribuía —o que pudieran explicar la posición de los fósiles en el seno de los estratos. Lo que es más, aunque aceptaba la realidad del Diluvio, Hooke no desvelaba para nada su mecanismo natural. Un importante intento de resolver este problema tuvo su origen algo más tarde en una fuente distinta.

VIII

Detrás de la historia terrestre esbozada por Hooke y Steno existía otra influencia más, casi no reconocida y aún así poderosa. La renovación de la cronología en el marco del concepto cristiano del tiempo direccional, había centrado la atención tanto en los patrones de los eventos históricos pasados como en los futuros sobre la Tierra; pero, al mismo tiempo, las revoluciones producidas en la cosmología habían desplazado a la Tierra de su posición central en el cosmos dejándola a la deriva en un universo aparentemente sin centro e infinito. Esto no sólo hizo que el problema de la «pluralidad de mundos (habitados)» —mucho antes de la Era Espacial— se convirtiera, con todas

sus dificultades metafísicas y teológicas, en un problema grave, sino que también implicaba que, fuesen cuales fuesen la historia de la Tierra y su futuro, podrían ser sólo un único ejemplo de un esquema común a todos los cuerpos semejantes. Fue en los *Principles of Philosophy* (1644) de Descartes donde se plantearon estas implicaciones, en una forma que influenció claramente tanto a Hooke como a Steno.

Dentro de este grandioso esquema de un universo hipotético, derivado de los principios más evidentes de una filosofía natural que sólo admitía como fundamental la materia y el movimiento, Descartes incluía un breve bosquejo del desarrollo de una Tierra hipotética. «He descrito esta Tierra», decía, «… como si fuera tan sólo una máquina en la que las únicas consideraciones fueran las formas y movimientos *de sus partes*» [78] . El esquema de Descartes seguía el desarrollo natural de la Tierra — *cualquier* Tierra, ya que rechazaba toda intención de ofrecer más que una hipótesis— a partir de su origen estelar hasta su sino final de planeta helado. Ésta fue la idea que Hooke, ignorando las palabras de Descartes, aplicó al problema del origen de la Tierra, integrándola en su síntesis de la historia terrestre. Descartes también había intentado mostrar que tras el origen de un cuerpo como la Tierra, su superficie exterior, originalmente lisa, se habría solidificado, formando una corteza que, posteriormente, se habría hundido irregularmente en una capa fluida subyacente, produciendo así una superficie irregular y variada. Trasladado a la Tierra conocida, este mecanismo natural podía, por supuesto, utilizarse para explicar rasgos tales como los océanos, los continentes, las montañas y los estratos inclinados. Steno lo aplicó exactamente así. Su mecanismo de hundimiento de los estratos es muy similar a la representación diagramática de Descartes, y estuvo explícitamente de acuerdo con él

en que sus estratos más antiguos (sin fósiles) pertenecían al origen mismo de la Tierra. Así pues, tanto Hooke como Steno intentaban utilizar sus observaciones de las rocas y los fósiles para construir historias de la Tierra conformes, *tanto* a la evidencia de la cronología *como* a los cánones cartesianos de racionalidad.

Al intentar una síntesis así estaban poniendo en práctica un enfoque que se había puesto en marcha casi inmediatamente después de aparecer los trabajos de Descartes.

Entre aquéllos que con más entusiasmo habían dado la bienvenida a su cosmología —o, al menos, a algunos aspectos de ella—, estaba el «platónico de Cambridge» y filósofo Henry More, que vio en la infinitud de mundos una sorprendente pero atractiva extensión de la plenitud del universo creado [79] . More esbozó las implicaciones del esquema cartesiano no sólo para la infinitud en el espacio, sino también para la infinitud en el tiempo. No obstante, no llegó a la conclusión aristotélica de que la Tierra había existido también desde toda la eternidad, ya que esto estaba en contradicción explícita con las Escrituras, y resultaba improbable sobre la base de la hipótesis del desarrollo cósmico de Descartes. Así pues, escribió:

No diré que nuestro mundo sea infinito.

Más sí que hay una infinidad de mundos.

Esto es una infinidad, tanto en el tiempo como en el espacio. Concluía que: Hace largo tiempo que han existido tierras,

Pobladas con hombres y bestias, antes que esta Tierra,

Y, después de ésta habrá otras, de nuevo,

Y otras bestias y otros nacimientos humanos [80] .

De este modo, More conseguía reconciliar la cronología convencional de las Escrituras con la cosmología mecanicista de Descartes, y hacer la síntesis de ambas, obteniendo una concepción engrandecida de un universo de designio. Esta síntesis se lograba, no obstante, a expensas de privar a la historia cristiana de su tradicional significado cósmico, reduciéndola a una narración puramente local del origen y el destino de uno entre infinitos mundos. Así pues, More sugería, por ejemplo, que las muy discutidas *Novae* representaban mundos remotos que habían ardido en conflagraciones como la tradicionalmente predicha para la Tierra. Una ulterior implicación era que unos acontecimientos físicos tan dramáticos como el Diluvio y la futura conflagración eran,

esencialmente, naturales en la historia de cualquier cuerpo celeste como la Tierra. Estas implicaciones fueron ulteriormente desarrolladas de modo más completo por Thomas Burnet (1635?-1715), que al igual que Ray y Newton, estaba profundamente influenciado por los Platónicos de Cambridge. En su *Sacred Theory of the Earth* (1680, 89) **[81]** Burnet jamás mencionó los fósiles y, de hecho, su obra agravó el problema de su localización; y, con todo, indirectamente, fue la influencia más importante sobre el curso que siguieron los debates acerca de los fósiles a finales del siglo XVII. Burnet, que era un hombre de conocimientos extremadamente amplios, se lanzó a utilizar todas las evidencias científicas e históricas disponibles para ampliar las Escrituras, haciendo así que los acontecimientos en ellas relatados resultaran racionalmente inteligibles e intelectualmente respetables. Su teoría era «sagrada» en el sentido de que centraba su atención en los principales acontecimientos del esquema cristiano de la historia; pero su total omisión del acontecimiento tradicionalmente axial del mismo, la Encarnación, refleja no sólo su preocupación por aquellos acontecimientos para los cuales cabría esperar la existencia de evidencias físicas, sino por la tendencia característicamente deísta de su teología. Los acontecimientos que discutió fueron la Tierra Primigenia, el Paraíso y el Diluvio; y, en el futuro, la

Conflagración del Mundo, el Nuevo Reino Celestial y la Nueva Tierra, y la Consumación de todas las cosas. Contando con el estado presente de la Tierra, esto le daba una serie simétrica de siete fases fundamentales en la historia de la Tierra. Como More y Hale, rechazó la eternidad de la Tierra en sí y, de hecho, enmarcó explícitamente sus argumentaciones de modo que refutaran tal sugerencia. Su modelo estaba diseñado, casi en su totalidad, dentro de los límites de la cronología convencional, de la que no veía razón para dudar: al igual que Newton, pensaba que los «días» de la Creación, probablemente representaran períodos de un año o más, pero esto no suponía grandes diferencias para su escala temporal. No obstante, tras Descartes, los acontecimientos físicos ocurridos en el seno de esa escala temporal fueron atribuidos a causas naturales inherentes a la construcción de la Tierra, Lo que es más, el simbólico frontispicio del libro muestra que, al igual que More, veía el drama cristiano de la historia como una cuestión meramente terrestre: la figura de Cristo proclamaba «Yo soy Alpha y Omega»

desde una posición a caballo entre la primera y la última de las siete fases de la historia de la Tierra, que aparecían rodeadas por un espacio exterior lleno de querubines (fig.

2.7).

En lo que al debate de fósiles concierne, la parte más importante del trabajo de Burnet fue la que se ocupaba del Diluvio. Para éste, al igual que para los otros acontecimientos, intentaba encontrar explicaciones físicas que pudieran satisfacer el texto de las Escrituras y otros registros antiguos, correctamente entendidos, y que, al mismo tiempo, pudieran enmarcarse en la filosofía cartesiana de la naturaleza, que sólo permitía explicaciones en términos de materia y movimiento. Así pues, argumentaba que la Tierra, antes del Diluvio, había sido lisa y esférica, con un eje de rotación que convertía su clima en una perpetua primavera. Esto le permitía combinar la antigua tradición de un mundo paradisíaco sin mares ni montañas, con el mecanismo cartesiano de la formación de los cuerpos celestes. En cuanto al Diluvio en sí, argumentaba seguidamente que la única explicación posible consistía en invocar (como Steno) el mecanismo cartesiano de fractura y hundimiento de la corteza, identificando la capa fluida debajo de ésta, como «las grandes profundidades» de las Escrituras. Toda la topografía actual del globo era, pues, resultado del Diluvio: el hombre habitaba una mera «Ruina» o «Globo Destrozado». Esta explicación tenía la virtud añadida de reconciliar su revulsión estética ante el desorden de la topografía de la Tierra, y en especial contra las montañas —un sentimiento muy extendido en aquella época—, con su sentimiento igualmente fuerte de que la Tierra debería haber sido ordenada y haber estado sometida al diseño **[82]** .



Fig. 2.7. Portada del muy influyente libro (1684) de Thomas Burnet sobre la historia de la Tierra[37]. Cristo («Yo soy Alfa y Omega») está a caballo entre la primera y la última fase de una secuencia, en sentido horario, en la cual el Diluvio había constituido la tercera fase (nótese la presencia del Arca), el presente era la cuarta, y la futura Conflagración habría de ser la quinta. La teoría de Burnet, que obtuvo la aprobación de Newton, no conseguía explicar de modo satisfactorio el origen de los fósiles, pero sí estimuló las especulaciones y acaloradas discusiones sobre el problema.

Aunque esto resultaba satisfactorio para su teología natural, planteaba otros problemas. Entre éstos, los menos serios fueron las dificultades exegéticas: al igual que Newton, con quien mantenía una entusiasta correspondencia acerca de la teoría, Burnet distinguía entre los sentidos «vulgar» y «filosófico» de las Escrituras, y creía que su explicación se veía confirmada por una interpretación filosófica

correcta del *Génesis* [83] .

Más grave era el hecho de que su explicación del Diluvio resultara irreconciliable con una interpretación orgánica de los fósiles marinos hallados en los estratos de las montañas, ya que, en su teoría, esas montañas no eran más que fragmentos rotos de una corteza que se había formado en un mundo carente de mares. Lo que es más: como señaló Newton, la creación de la vida marina habría sido inútil, y hubiera sido necesario

otro episodio de creación tras el Diluvio para poblar los recién formados océanos. Con todo, el problema más serio era el que surgía de la inevitabilidad natural del Diluvio en el mecanismo propuesto por Burnet. Si el Diluvio iba «incorporado» al desarrollo de la Tierra, resultaba difícil entender cómo podría haber sido algo providencial, ya que la Caída del hombre no se había aún producido durante la creación de la Tierra. De este modo, la teoría de Burnet planteaba, de forma aguda, la cuestión de la naturaleza de la actividad de Dios en el mundo creado. Las explicaciones naturalistas de los grandes acontecimientos físicos de la historia cristiana, hacían que su categoría providencial resultara al menos problemática; y, aun así, las explicaciones sobrenaturales se postulaban muy a regañadientes, dado que infringían los principios básicos *tanto* de la teología puritana de la Alianza, *como* de la más nueva teología deísta, al plantear dudas en la constancia fiable y en la inteligibilidad racional de la relación de Dios con el mundo.

IX

Con un magnífico sentido de la oportunidad, Burnet publicó la segunda mitad de su *Theory*, que entraba a tratar los acontecimientos futuros, poco después de la Gloriosa Revolución —que fue interpretada en términos apocalípticos por muchos de sus contemporáneos— y en la víspera de una década que, desde hacía largo tiempo, venía siendo objeto de todo tipo de predicciones de significado apocalíptico. Resulta sintomático de las razones que despiertan el interés en las cuestiones históricas que fuera esta parte del trabajo de Burnet la que provocara una encendida controversia, mientras que, por el contrario, la primera parte no había creado ninguna conmoción, a pesar de sus implicaciones especulativas. La cuestión crucial era si el futuro Milenio, o cualesquiera acontecimiento físico que pudieran presagiarlo, eran acontecimientos

«incorporados» a la historia del mundo y, por consiguiente, predecibles; o si había que preservar su naturaleza providencial negando su inevitabilidad.

Fue en este contexto de especulaciones apocalípticas en el que revivió de nuevo el debate acerca de los fósiles en la Inglaterra de los años 1690. La primera reacción de Ray a la creciente discusión acerca de las teorías de Burnet, consistió en publicar un discurso acerca de la realidad del futuro apocalíptico —discurso que había pronunciado en Cambridge muchos años antes, en el transcurso de un anterior período de excitación apocalíptica. Pero la sección que trataba de los posibles mecanismos «incorporados»

para una futura «Disolución» había sido enormemente ampliada. Al considerar la posibilidad de que pudiera repetirse el Diluvio, se veía arrastrado a discutir sobre éste; y esto, a su vez, le daba la necesaria excusa para incluir un largo ensayo acerca de los fósiles como posible evidencia en favor del primer Diluvio. Después, tras la buena acogida que recibieron estos (muy) *Miscellaneous Discourses* (1692), Ray organizó el

material de un modo más ordenado y lo editó en forma de *Three physico-theological Discourses* (1693) acerca de la Creación, el Diluvio y la Conflagración, indicando por esta disposición su intención de ofrecer una alternativa más satisfactoria que los trabajos de Burnet [84] .

Como en su anterior ensayo sobre el tema, Ray planteó con conspicua justeza, las argumentaciones conflictivas en torno a la naturaleza de los fósiles. En aquella ocasión había mencionado la posibilidad de que algunos fósiles pudieran ser orgánicos y otros no; «y, no obstante», había dicho, «pienso que esto no es más que una desviación y un refugio para evitar problemas, al no existir bases suficientes sobre las que fundar tal distinción». Ahora, no obstante, se vio obligado a adoptar precisamente esa solución de compromiso. En el caso de algunos fósiles, tales como las piedras-lengua de Malta, parecía ineludible el origen orgánico; pero en el caso de otros, como los ammonites y las plantas aplastadas que aparecían impresas en las superficies de algunos trozos de pizarras bituminosas (fig. 2.8), se inclinaba a creer que la «Naturaleza, en ocasiones, *ludere* (esto es, juega) y delinea Figuras» simplemente como ornamentos: no tenía duda alguna en agrupar los belemnites, con su aspecto inorgánico, junto con los nódulos de marcasita, que pertenecían claramente al lado inorgánico de la demarcación.

No obstante, al haber aceptado el origen orgánico de, al menos, *algunos* fósiles, Ray tenía aún que explicar su localización. No podía adoptar la perspectiva de Burnet de que la Tierra antediluviana no había tenido montañas ni nares. Esto hubiera entrado demasiado en conflicto tanto con su creencia de que la forma presente del mundo estaba tan llena de designio como antes del Diluvio —incluyó un ensayo acerca de la utilidad y el designio de las montañas como respuesta a Burnet acerca de este punto—, como con su creencia de que algunos fósiles eran realmente restos de organismos marinos. De hecho sí podía tomar —y de hecho tomó— de Burnet la idea de que el Diluvio se había debido fundamentalmente a un desbordamiento de las «grandes profundidades» del interior de la Tierra; pero utilizó la idea tradicional de una conexión subterránea entre los océanos y los manantiales como mecanismos para explicar de qué modo, en el transcurso de este acontecimiento pudieron transportarse violentamente organismos marinos por debajo de la tierra, desde los mares hasta la superficie de ésta.

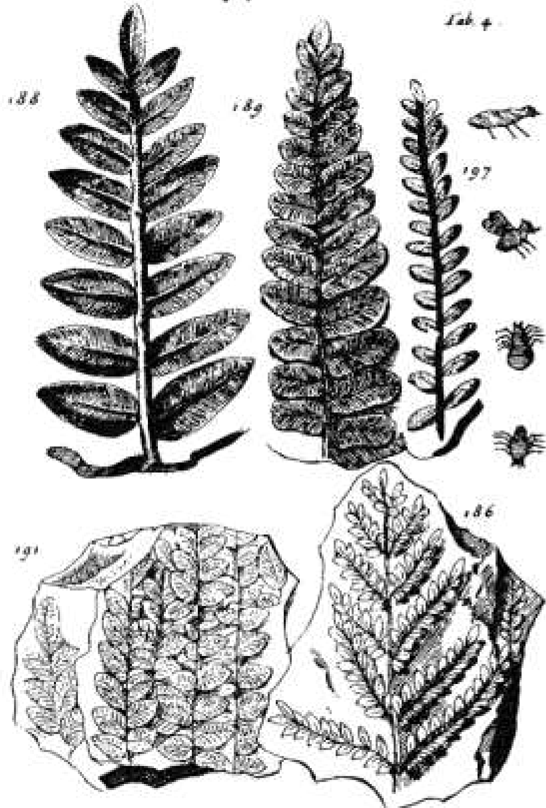


Fig 2.8. Algunas de las ilustraciones de Lhwyd (1699) de plantas fósiles («helechos» procedentes del Carbonífero). Lhwyd estaba muy inseguro acerca de su origen, puesto que no parecían incluir ningún material vegetal —los fósiles eran meras impresiones— y su forma difería en detalles de la de cualquier planta viva conocida.

La explicación tentativa de Ray acerca del transporte de fósiles desde el mar a la tierra durante el Diluvio resultaba ingeniosa, pero muy poco satisfactoria. Como sin duda él mismo sabía, no bastaba para explicar la posición de los fósiles en el interior de los estratos. Ésta era la deficiencia que intentaba compensar el médico, John Woodward (1665-1728) en su *Essay toward a Natural History of the Earth* (1695) [85]. Woodward puso gran énfasis en sus magníficas cualificaciones para la tarea y, si bien es cierto que la modestia no era una de sus virtudes, también lo es que disponía de un conocimiento directo de rocas y fósiles más amplio que el de cualquier otro escritor de su

época. En particular, era muy consciente de la naturaleza de los estratos en los que se encontraban los fósiles, y vio que éstos resultaban esenciales para cualquier solución satisfactoria del problema. Sin reconocer su deuda para con Steno —aunque uno de sus críticos la hizo explícita [86] —, Woodward enmarcó su teoría en torno al postulado de que todos los

estrato fosilíferos se habían depositado horizontalmente en tiempos del Diluvio. Los fósiles que contenían eran antediluvianos. En tiempos del Diluvio se habían visto mezclados en una especie de suspensión, junto con todos los materiales de la superficie de la Tierra, con «sus Corpúsculos constituyentes dispersos, totalmente desaparecida su Cohesión». A partir de esta espesa suspensión se habrían depositado los materiales, y después los fósiles con arreglo a su peso específico, para formar el orden observado de estratos con sus fósiles característicos. Los estratos se habrían hundido posteriormente, quedando en posiciones inclinadas pero, en general el mundo post-diluviano era un mundo de orden y tranquilidad.

Esta teoría permitió a Woodward, tal y como deseaba, combinar una explicación orgánica de todos los fósiles con la fe en un Diluvio tan universal y catastrófico como el de Burnet. El problema de la forma en los fósiles no le preocupaba, ya que tenía confianza en la sugerencia de Ray de que tal vez las extinciones fueran sólo aparentes: considerando lo poco que se sabía de las faunas de las aguas abisales, resultaba «muy razonable» concluir, sugería, «que no existe especie alguna de animales con concha que haya existido, y hoy haya perecido». Si bien dramatizaba el Diluvio en términos similares a los de Burnet describiéndolo como «la más horrible y portentosa catástrofe que jamás presenciara la Naturaleza», también hacía hincapié en la tranquilidad, el orden y el designio presentes en el mundo antes y después del acontecimiento. Hasta el propio Diluvio pasó a quedar al cuidado de la misma benéfica visión teleológica, ahora no como acontecimiento punitivo, sino como medio para reformar la Tierra creando un entorno físico más adecuado para el hombre, ya en pecado. No obstante, Woodward no parecía pensar que esto fuera tomarse unas libertades inaceptables con las Escrituras: por el contrario, afirmaba que la concordancia entre las Escrituras y la naturaleza era uno de sus principales motivos para escribir el libro. Está claro que imaginaba que todos los acontecimientos por él relatados habían tenido lugar dentro de los límites de la cronología convencional: sugería, por ejemplo, que los Antiguos habían encontrado una mayor abundancia de fósiles que la existente en su época, dado que habían vivido más cerca del Diluvio y los fósiles habían tenido menos tiempo para echarse a perder.

Por otra parte, al contrario que Hooke, rechazaba toda idea de una Era culta antediluviana, y rechazaba los jeroglíficos como registros de una era posdiluviana demasiado primitiva como para que tuviera algún valor histórico.

X

Woodward criticaba a sus predecesores por la «cortedad de sus observaciones»; pero, como comentaba Ray con desusada aspereza, era en esto, precisamente, en lo que fracasaba la propia teoría de Woodward[87]. Para cualquiera que estudiara el orden de los estratos y los fósiles que contenían, estaba claro que no estaban dispuestos con arreglo a su peso específico. A pesar de utilizar la más actualizada jerga científica y hablar de corpúsculos y gravitación, la teoría de Woodward no conseguía superar el más sencillo de los experimentos empíricos concebibles. Lo que es más, resultaba altamente insatisfactoria en la medida en la que no sugería mecanismo alguno para el Diluvio. Woodward negaba que hubiera nada que le obligara a sugerir tal mecanismo, argumentando que bastaba con demostrar que el acontecimiento *había* tenido lugar; pero, si bien su posición era metodológicamente justificable, la razón fundamental de que la adoptara era que dudaba de que se pudiera encontrar razón natural alguna. En su preocupación por desautorizar las implicaciones ateas de la utilización por parte de Burnet de un «Concurso Accidental de Causas Naturales» como explicación para el Diluvio, se encontró con que no tenía más alternativa que postular la «Asistencia de un *Poder Sobrenatural*» para explicarlo. Al igual que la Futura Conflagración, el Diluvio se convertía en una interrupción inexplicable en un mundo natural, por otra parte, ordenado.

Así, pues, aunque suministrara una explicación global en favor del origen orgánico de los fósiles, la viabilidad de su teoría se vio grandemente disminuida al ser incapaz de satisfacer los cánones de las explicaciones racionales —y debido al tono arrogante en el que fue planteado. No obstante, otros intentos de explicar el Diluvio en términos similares a los de Burnet, en términos científicos, corrieron una suerte mejor: en *New Theory of the Earth* (1696), por ejemplo, William Whiston intentó aprovechar la reciente explicación de los movimientos planetarios para obtener un mecanismo, tanto para el Diluvio como para la Conflagración; pero, al ser sometido a una crítica detallada, a la luz de la física newtoniana, resultó ser casi tan inadecuada como la teoría de Burnet[88].

Por ello, no resulta realmente sorprendente que Ray se sintiera cada vez más indeciso acerca de la cuestión de la naturaleza de los fósiles y su emplazamiento. Esto obedecía en parte a que su amigo Edward Lhwyd (1670-1709), Conservador del Ashmolean Museum de Oxford,

y distinguido naturalista, filólogo y anticuario, estaba desarrollando una teoría de los fósiles que a Ray le resultaba un atractivo «camino intermedio» entre las explicaciones orgánica e inorgánica. Entre las teorías de la generación de los organismos, las ideas «animaliculistas» de la encarnación de las características específicas en el seno de la «semilla» de cada especie, habían recibido un mayor respaldo por los estudios microscópicos de los espermatozoos y el polen. Lhwyd se dio cuenta de que la mayor parte de los fósiles se asemejaban a organismos que dispersaban su «semilla» externamente —descontó los pocos casos (por ejemplo, los huesos de cuadrúpedos) que se asemejaban a partes de animales vivíparos. Así, pues, sugirió, en el seno de una teoría que recuerda algunas explicaciones aristotélicas anteriores del origen de los fósiles, que la mayor parte de éstos se habían desarrollado *in situ* en el seno de las rocas, no como simples imitaciones de organismos, sino a partir

de la misma «semilla» que el organismo al que se asemejaban, habiendo sido esa

«semilla» arrastrada a su posición a través de las grietas de las rocas [89]. Esta teoría le permitía evitar *tanto* las objeciones teleológicas propuestas por Lister contra la explicación puramente inorgánica, *como* las graves dificultades de la explicación orgánica de Woodward.

A Ray la teoría de Lhwyd le resultaba atractiva, pero claramente se le hacía cuesta arriba creer que fósiles con claras y detalladas similitudes con seres orgánicos, no fueran restos de organismos que antaño hubieran vivido en la superficie de la tierra. No obstante, el viejo problema de la forma seguía tan presente y vivo como siempre: de hecho, se fue haciendo cada vez más grave, al irse ampliando, con las actividades de recolección de hombres como Lhwyd y Woodward, el espectro de especímenes fósiles bien preservados, claramente diferentes en su forma, de cualquier especie viviente (fig.

2.8). Lo que es más, en opinión de Ray, tales fósiles, si eran realmente de origen orgánico, no podían explicarse en términos de un Diluvio universal catastrófico; y empezó a inclinarse hacia la sugerencia de que resultaría más satisfactoria una teoría aristotélica de intercambio lento y continuo entre el mar y la tierra [90]. Pero esta posición le ponía en un dilema si aceptaba la teoría orgánica de los fósiles, ya que plantearía dudas *tanto* acerca de la cronología tradicional *como* acerca de la noción de plenitud.

Como le escribía a Lhwyd, «por otra parte, surgen tal serie de

consecuencias, que parecen atacar la historia relatada en las Escrituras acerca de la juventud del Mundo; al menos refutan la opinión, normalmente aceptada entre los Teólogos y los Filósofos, y no sin buenas razones, de que desde la primera Creación no se ha perdido ninguna especie animal o vegetal, ni se ha producido ninguna nueva» **[91]** .

Este famoso pasaje indica claramente que las dificultades no fueron simplemente aquellas surgidas de la ortodoxia religiosa convencional; surgían también del testimonio combinado, *tanto* de los estudiosos de la cronología *como* de los científicos naturalistas (si se nos permite aplicar, anacronísticamente, ese término a los «filósofos»), un testimonio que además, Ray sabía que «no carecía de buenas razones».

Intelectualmente constituía algo serio el ir en contra de tan formidable consenso de las mentes más esclarecidas de la era, y no resulta sorprendente que Ray permaneciera indeciso acerca de la solución del problema hasta el final de sus días.

XI

Podría parecer que la cuestión de la naturaleza de los fósiles seguía resultando tan confusa tras cuarenta años de activas discusiones en el círculo de la Royal Society en Inglaterra, como antes de que Steno le dedicara su atención por vez primera. Lo que es más, este debate sin aparente conclusión no parece respaldar la afirmación de que la



obra de Steno sirvió para romper el *impasse* llevando a una nueva dimensión del problema. De hecho, gran parte de los trabajos publicados durante el siguiente siglo, pueden considerarse desarrollos de ideas y métodos formulados por vez primera en la época de Steno, Hooke y Ray; y en particular la obra de Steno sobrevivió, aunque casi sin reconocimiento, para convertirse en el basamento de una nueva aproximación a la historia de la vida. Las publicaciones de Steno quedaron prácticamente olvidadas; pero su visión de los estratos como registro de una *secuencia* de acontecimientos en la historia de la Tierra, sobrevivió, plagiada, en la teoría de Woodward que llegó a ser inmensamente influyente a comienzos del siglo XVIII.

Al igual que en otras ramas de las ciencias naturales, en el problema de los fósiles Inglaterra se convirtió en una periferia intelectual poco después de comienzos del siglo.

Pero, en el continente, fue la teoría de Woodward, más que ninguna otra, la que suministró las bases para la aceptación de la explicación orgánica para un abanico cada vez más amplio de fósiles. A pesar de todos los fallos del sistema de Woodward, suministraba una explicación moderadamente convincente de las semblanzas orgánicas en los fósiles y, por lo tanto, favorecía la descripción y documentación cuidadosas de los restos fósiles. Adscribirlos a un diluvio, a pesar de que el acontecimiento tenía que diferir del Diluvio registrado en el *Génesis*, parecía moderadamente consistente, tanto con las Escrituras

como con la razón.

Fig. 2.9. Una representación gráfica del Diluvio, correspondiente a la portada del libro de Scheuchzer sobre las plantas fósiles (1709) 49: en primer término puede apreciarse cómo las conchas son lanzadas a tierra. Hasta mediados del siglo XVIII, el Diluvio siguió siendo casi el único agente causal razonable al que poder atribuir los fósiles, si se defendía su origen orgánico.

El deseo de mostrar la realidad del Diluvio a partir de evidencias impecablemente razonadas, se convirtió pues en una poderosa motivación para la descripción de los fósiles y su interpretación orgánica. Esto queda patente, por ejemplo, en los trabajos del naturalista y médico suizo Johann Scheuchzer (1672-1733) que se convirtió en un converso entusiasta al punto de vista de Woodward, y tradujo su *Essay* al latín para aumentar sus posibilidades de distribución en el continente. En su *Complaints and Claims of the Fishes* (1708), escrito probablemente como réplica a la utilización por parte de Karl Lang de la teoría de Lhwyd para la interpretación de los fósiles suizos, Scheuchzer hizo que los peces fósiles de Oeningen hablaran para defender su origen orgánico frente a aquellos que negaban que hubieran estado vivos, y para hacer hincapié en que habían sido testigos de la realidad del Diluvio [92]. También en su *Herbarium of the Deluge* (1709) puede percibirse la misma motivación tras sus cuidadosas descripciones e ilustraciones de plantas fósiles (figura 2.9) [93]. En él señala que sigue existiendo el problema de discriminar entre los orgánicos y los inorgánicos al incluir algunas marcas dendríticas junto con multitud de magníficos especímenes de plantas fósiles genuinas. Si bien es cierto que su entusiasmo por la búsqueda de reliquias del Diluvio le llevó en este caso por el mal camino, le llevó aun mucho más lejos cuando, posteriormente, describió el esqueleto de un gran anfibio del Cenozoico como el de *A Man, a Witness of the Deluge and Divine Messenger* (1725) [94] (Un hombre, testigo del Diluvio y mensajero divino). Antepuso a este versículo(17) —el término es apropiado—

el lema «¡Presten atención!», y sus intenciones didácticas desbordaron en este caso el buen juicio de Scheuchzer y sus conocimientos como médico, ya que la ilustración que él mismo publicó debió haberle hecho ver, de modo patente, que su espécimen no era para nada

humanoide, fuera lo que fuese.

No obstante, si bien la evidencia era ocasionalmente forzada para que prestara su apoyo a la realidad del Diluvio, también podría ser forzada en el sentido contrario por aquellos que, en nombre de la ilustración, deseaban negar que un acontecimiento tan inexplicable hubiera ocurrido alguna vez. Por ejemplo, Voltaire, cuyo conocimiento directo de los fósiles probablemente fuera mínimo, se sintió, no obstante, cualificado para afirmar que no suministraba evidencia alguna de ninguna interrupción de la regularidad newtoniana del universo [95] . Para llegar a esta conclusión no tuvo más remedio que clasificar los fósiles, para rechazarlos, como productos inorgánicos, reliquias de lagos de agua dulce, y conchas depositadas en tierra por los peregrinos; pero estos razonamientos difícilmente podrían convencer a los naturalistas, que sabían perfectamente que muchos fósiles eran similares a los organismos marinos y, aun así, estaban enterrados en el seno de estratos. Por ello, y en general, fue el trabajo de los defensores del Diluvio el que más favoreció la aceptación de una interpretación orgánica de los fósiles.

Lo que es más, tal interpretación se vio favorecida por buena parte del detallado estudio de los fósiles surgido de la aceptación de la teoría de Woodward. Los belemnites, por ejemplo, que desde hacía mucho tiempo eran los «fósiles» más difíciles de incorporar a la interpretación orgánica, cedieron al final tras una cuidadosa comparación entre los especímenes mejor preservados y los análogos vivientes disponibles. Lhwyd había notado que algunos especímenes contenían una estructura singular en el interior de un hueco cónico de un extremo de la «guarda», pero fue Balthasar Ehrhart el primero en darse cuenta de que esa estructura era una concha tabicada, análoga a la de los moluscos cefalópodos vivientes *Nautilus* y *Spirula*. Junto con su cuidadoso análisis del modo de crecimiento de la «guarda» esta analogía estructural hizo que el origen orgánico de los belemnites resultara punto menos que indisputable [96] . Un ejemplo así no podía por menos que animar a aquellos que creían que, finalmente, se descubriría el origen orgánico de otros muchos objetos fósiles. Lo que es más, la frustrante posibilidad de la extinción había dejado de constituir una razón legítima para negar la naturaleza orgánica de tales fósiles, no porque la extinción se hubiera vuelto más aceptable, sino porque la exploración de los mares distantes del mundo, ofrecía cada vez más motivos para dudar si existía de hecho alguna especie fósil que estuviera extinta. El descubrimiento de crinoideos pedunculados vivientes ha sido ya mencionado como una vindicación de la sospecha de Ray de que ésta podría ser una explicación adecuada del problema.

La teoría general y las observaciones minuciosas se combinaron, pues, para favorecer la interpretación orgánica de un abanico cada vez más amplio de objetos fósiles. En un siglo que otorgaba una gran credibilidad científica a los trabajos descriptivos y de clasificación, existía profusión de monografías locales y tratados generales acerca de los fósiles y, en éstos, queda patente la asignación gradual de los fósiles y los organismos vivientes en un esquema único, por el modo en el que los sufijos especiales para su nomenclatura (por ejemplo, *ites*, en *conchites, ichthyolites*, etc.) cayeron en desuso. Las interpretaciones alternativas de los fósiles fueron desapareciendo a comienzos de siglo, quedando restringidas a una gama de objetos cada vez más reducida, hasta que llegó a reconocerse que la similitud entre (por ejemplo) algunas concreciones y estructuras orgánicas, no era más que un fenómeno trivial que no tenía incidencia alguna en el origen de los auténticos fósiles orgánicos.

El famoso episodio del fraude del que fue objeto Johann Beringer en Würzburg en los años 1720, lejos de ser típico de las opiniones acerca de los fósiles en el siglo XVIII es una insólita manifestación de un debate que, por aquel entonces, agonizaba ya. La

«plantación de fósiles artificiales», moldeados para que se asemejaran a aves, insectos, cometas y otros objetos, no fue una broma pesada estudiantil, sino una sólida conspiración basada en los celos académicos[97]. Y el éxito del engaño refleja no tanto la

credulidad de Beringer como su genuino asombro ante un tipo de fósil que no había sido descrito por ninguno de sus predecesores. El descubrimiento de estos extraños especímenes le llevó a revisar sistemáticamente todas las teorías anteriores acerca de los fósiles, y dado que parecían (en efecto) sólo «imitaciones» de organismos, llegó a la conclusión de que prestaban mayor credibilidad a todos los razonamientos anteriores a favor del origen inorgánico de los fósiles. Pero, en 1726, cuando Beringer publicó su trabajo[98] tal conclusión estaba ya pasada de moda; y la humillación sufrida al ser descubierto el fraude, bien pudo acelerar su desaparición definitiva.

XII

La adaptación de las ideas de Steno por parte de Woodward, fuertemente promovidas en el continente por naturalistas como Scheuchzer, hizo algo más que favorecer una interpretación orgánica de los fósiles. La teoría del origen diluviano de los estratos fosilíferos, a pesar de todas sus limitaciones, sirvió también para centrar la atención en las cuestiones de la estratificación y, a partir de ahí, sobre los problemas de reconstruir la historia de la Tierra. La explicación de la estratificación por parte de Woodward en términos de pesos específicos, era fácil de refutar empíricamente, pero había constituido un intento serio de explicar el orden de los estratos y sus fósiles característicos. A pesar de que su explicación fuera rechazada, el trabajo de Woodward actuó pues como incentivo para el estudio más detallado de estos fenómenos. Tanto Woodward como Steno habían hecho hincapié en que los estratos con fósiles debieron depositarse secuencialmente en la época del Diluvio; retener este concepto de los estratos, separándolo aún más de la idea del Diluvio fue tan sólo un pequeño paso.

Así, pues, durante el siglo XVIII se produjo una perspectiva generalmente aceptada de la clasificación de las rocas, en la cual la aceptación o el rechazo de la interpretación diluviana suponía, *en la práctica*, poca diferencia. Las rocas no fosilíferas, aparentemente muy antiguas, que aparecían típicamente en las regiones montañosas, y a menudo sin estratificar, fueron denominadas «Primarias», primitivas o portadoras de menas, y fueron atribuidas a la consolidación original de la corteza terrestre o al período anterior al Diluvio. Las rocas fosilíferas estratificadas, que aparecían típicamente en colinas bajas, fueron denominadas «Secundarias», o estratificadas, y fueron atribuidas a una era posterior, o al propio Diluvio. Los depósitos «superficiales» y regulares, confinados típicamente a las tierras bajas, y en general sin consolidar, fueron denominados

«Terciarios» o aluviales, y fueron atribuidos a un período relativamente reciente o posdiluviano. En la práctica, esta división se veía poco afectada por la presencia o ausencia de etiquetas «diluvianas» [99] .

Esta síntesis, que aparece en los trabajos de muchos escritores del siglo XVIII, fue descendiente lineal de la interpretación de Steno, no sólo a través de la teoría de Woodward, sino también a través de la del gran filósofo natural Leibniz. Aunque se publicó un breve resumen de

su ensayo *Protogaea* antes incluso que el *Essay* de Woodward, los trabajos de Leibniz permanecieron en forma manuscrita hasta muchos años después de su muerte. Al serle encargado escribir una historia de una familia principesca, comenzó con lo que subtituló «Una disertación acerca de la forma original de la Tierra y los vestigios de su historia más antigua en los propios monumentos de la naturaleza» [100] . Esto compendia pulcramente(18) el modo en que Leibniz, al igual que Steno, a quien admiraba grandemente, deseaba integrar la historia de la Tierra y la historia de la humanidad en una única narrativa. Aceptando la explicación cartesiana del origen de la Tierra como un globo incandescente, Leibniz postuló la consideración de una corteza original, la condensación de un océano, inicialmente universal, y la consiguiente deposición de una secuencia de estratos conteniendo fósiles, con la simultánea reducción de los océanos por evaporación. De hecho, la mayor parte del ensayo estaba dedicado a la descripción e ilustración de fósiles, y a la demostración de su origen orgánico como parte crucial de toda su síntesis (fig. 2.10).

La publicación póstuma de *Protogaea* en 1749 resultó altamente influyente, ya que aportaba un modelo de la historia de la Tierra que daba cabida a un origen orgánico de los fósiles, preservaba la concepción de Steno y Woodward de los estratos como depósitos secuenciales, y era conforme tanto a la escritura como a la razón. Su efecto más importante, no obstante, fue hacer posible que los diferentes fósiles enterrados en estratos sucesivos, se convirtieran en evidencia de la propia historia de la vida, si bien esta conclusión no fue expuesta en un principio con detalle.

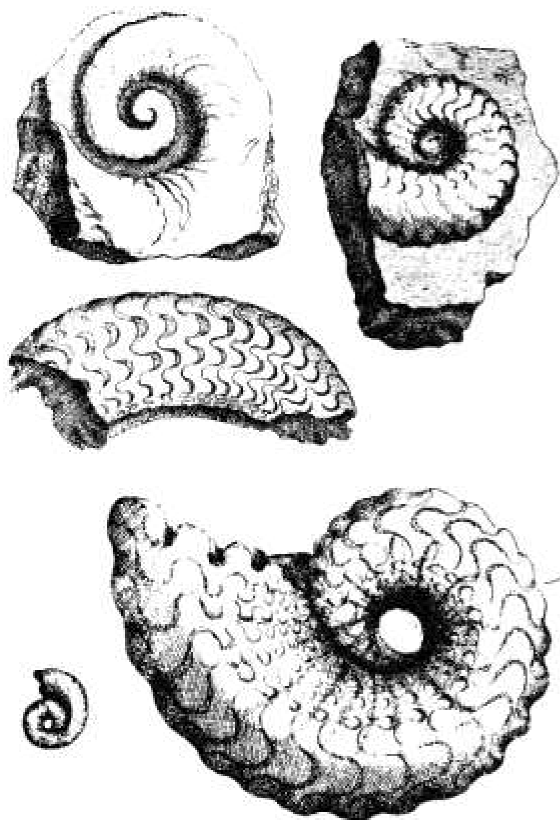


Fig. 2.10. Dibujos de fósiles procedentes del influyente libro de Leibniz sobre la historia de la Tierra (terminado en los años 1690, pero no publicado hasta 1749). Los fósiles aquí ilustrados son los característicos ammonites *Ceratites* del Muschelkalk del Triásico alemán; procedentes, en términos del siglo XVIII, de las formaciones

«Secundarias» o Flötzgebirge.

Leibniz, al igual que la mayor parte de sus coetáneos, no veía razón alguna para poner en duda la escala de la cronología convencional. Ray, como hemos visto, reconocía que los fósiles podían acabar imponiendo una escala temporal más extensa.

Lo que es más significativo, Ray previó, por imprecisamente que fuera, que la cuestión de la antigüedad de la Tierra tal vez fuera algo separado del origen del hombre; que con una interpretación adecuada de los «días» de la Creación, la historia de la Tierra podría extenderse

en gran medida, sin alterar para nada la cuestión del hombre. El problema de esta solución era que toda extensión de la escala temporal terrestre tendía a ser interpretada como defensa del perpetualismo aristotélico: al igual que en un período anterior, no era tanto la magnitud temporal lo que se consideraba amenazador, sino el concepto de eternidad. Esta distinción crucial fue elegantemente ilustrada en un trabajo del astrónomo Edmund Halley, publicado pocos años después de la muerte de Ray, en el cual proponía un experimento para estimar la edad mínima de la Tierra a partir de la

salinidad del mar, reconociendo que implicaba una edad que excedía, con mucho, la de la cronología convencional; y, con todo, explicaba que el propósito del trabajo era el deseo de refutar la idea de que la Tierra pudiera haber existido desde la eternidad [101] .

Era la lacra del perpetualismo, y no la interpretación del *Génesis*, lo que hacía que tanto los teólogos como los filósofos fueran reacios a aumentar la escala temporal de la historia de la Tierra. No existía aún ninguna evidencia inapelable en favor de una vasta escala temporal, y quienquiera que sugiriera una historia de millones de años tenía más probabilidades de ser ridiculizado que perseguido por sus opiniones. Así el editor de la obra póstuma de Bênoit de Maillet, *Telliamed* (1648), rebajó un tanto la escala temporal sugerida en este sistema altamente especulativo [102] . Pero, dado que aún así excedía considerablemente la cronología tradicional, probablemente esto obedeciera más al deseo de evitar el ridículo que de hacer que fuera conforme a las Escrituras.

XIII

Fue en el trabajo del más grande naturalista del siglo XVIII, Georges Buffon (1707-88), donde encontró su máxima expresión la herencia de todos estos autores que le precedieron. Buffon empezó su monumental *Natural History* con un volumen dedicado a la Tierra, (1749)[103] en el que insistía en la necesidad de encontrar causas de la regularidad newtoniana incluso para los fenómenos geológicos más desconcertantes; y sometió a los sistemas de Burnet, Whiston y Woodward a una corrosiva crítica por su intento de encontrar una concordancia entre la naturaleza y las Escrituras. Sin llegar de hecho a negar la realidad del Diluvio, Buffon insistía en que su propósito había sido moral, y que había sido tan milagroso en sus efectos como en su causa: por consiguiente, podía ser ignorado a efectos científicos. No obstante, aunque hacía hincapié en que los procesos físicos existentes eran suficiente para explicar todos los cambios geográficos indicados por la posición de los fósiles sobre la tierra, Buffon instituyó estos procesos dentro de los límites de la cronología tradicional, y postuló la

«blandura» original de los materiales que componen la tierra como explicación de los grandes efectos que estos procesos habían producido en tan breve período de tiempo.

No obstante, un cuarto de siglo más adelante, al escribir un volumen suplementario en el que revisaba esta parte de su trabajo, Buffon había asimilado ya el trabajo de Leibniz, y lo utilizó como base para una reconstrucción de *Epochs of Nature* (1778)[104].

Con la inspiración que le dio la idea de Leibniz de una Tierra en proceso de enfriamiento, había realizado experimentos con modelos en forma de globo para conseguir una estimación cuantitativa de la historia de la Tierra. Estos experimentos le suministraron argumentaciones físicas concretas en favor de una escala temporal de decenas de miles de años, aunque sospechaba que serían necesarios millones de años

para la deposición de todos los estratos observados. En el seno de esta escala temporal expandida, Buffon describió siete «epochs» —preservando la forma, si no el contenido, de la versión bíblica de la creación. El significado de esta narración acerca del desarrollo de la Tierra, se encuentra menos en su engrandecimiento de la cronología convencional que en su nítida separación entre la historia del hombre y la historia de la vida —o más bien, en que relegó a una pequeña

parte la historia de la humanidad, si bien considerándola la culminación de una secuencia de acontecimientos mucho más extensa.

Lo que es más, en lo que se refiere a las épocas pre-humanas, se utilizó abundantemente la evidencia de los fósiles para reconstruir una verdadera historia de la vida. Las «montañas primitivas» eran reliquias del enfriamiento primario de la corteza terrestre, anteriores a la aparición de la vida. Los gruesos estratos de las «montañas secundarias», incluyendo multitud de calizas y abundantes fósiles, eran testigos del período más temprano de la existencia de la vida, y el tamaño gigantesco de muchos de los fósiles, por ejemplo de algunos ammonites, mostraba que la temperatura que prevalecía por aquel entonces, incluso en latitudes templadas, era tropical. Aún más tarde, con la emergencia de los continentes de debajo del descendente nivel de los océanos, había sobrevenido un período en el que los elefantes y otros mamíferos tropicales habían prosperado en latitudes templadas, e incluso sub-árticas, dejando como testigos sus huesos, descubiertos en los depósitos superficiales del norte de Europa, América del Norte y Siberia.

Este panorama resultaba sin duda inspirador; pero fue precisamente como inspiración, más que como fuente de ideas precisas acerca de los fósiles o de cualquier otra cosa, como ejerció su máxima influencia el *Epochs* de Buffon. Para cuando fue publicado su trabajo, toda una nueva generación de naturalistas consideró que estaba pasado de moda, o equivocado. Había cada vez más reticencias frente a las grandes síntesis del tipo que fueran, y una nueva actitud sobre la necesidad de extraer solamente conclusiones limitadas de observaciones locales cuidadosamente registradas.

El sistema de Buffon correspondía, por tanto, casi al final de una vieja tradición, y no al comienzo de una nueva. Representaba la culminación de un esfuerzo que hizo su primera incursión en el terreno de los fósiles con los trabajos de Steno y Hooke; a saber, el intento de utilizar los fósiles como una de las fuentes de evidencia necesarias para reconstruir y explicar toda la historia de la Tierra. Este esfuerzo había comenzado, naturalmente, con un intento de integrar esa historia en los registros disponibles acerca de la historia de la humanidad, y no existía razón alguna para sospechar que ambas historias pudieran no ser coextensivas. Tuvo su fin con el reconocimiento de que los registros históricos resultaban útiles tan sólo como evidencia referida a los períodos más

recientes de la historia de la Tierra; de que más allá de la época del hombre se extendía un largo —tal vez, inimaginablemente largo—

desarrollo anterior, que, en principio, era posible reconstruir descifrando las claves existentes en las rocas y los fósiles. El estudioso de estos fenómenos seguía siendo, como subrayaba Buffon, un «anticuario natural» que utilizaba muchos de los métodos de investigación empleados por los historiadores; pero al que no le preocupaba ya, como a Hooke, el período mismo de la Antigüedad, sino una historia mucho más larga de la que ningún hombre había sido testigo.

3. Las revoluciones de la vida

I

El primer día del quinto mes del cuarto año de la República francesa, o según el calendario de las partes no liberadas de Europa, el 21 de enero de 1796, Georges Cuvier (1769-1832) leyó el trabajo *On the species of living and fossil elephants* en una sesión pública del Instituto de Ciencias y Artes de París[105]. Desde luego, vista retrospectivamente, e incluso para la época, resultó una ocasión de destacada importancia para la historia de la Paleontología, ya que, por vez primera, se presentaba ante el mundo de la ciencia evidencia detallada y casi irrefutable en favor de la realidad de la extinción. El hecho de la extinción como fenómeno general en la historia de la vida y el intento de encontrar una explicación satisfactoria del mismo, dominó los debates paleontológicos de las siguientes dos décadas.

Fue precisamente en París donde esta discusión siguió su curso con mayor intensidad y sofisticación intelectual; y el acontecimiento de la presentación del trabajo de Cuvier, y de hecho, su propia presencia allí, resume, en muchos aspectos, la vida científica extraordinariamente vigorosa de la nueva República. Por medio de un decreto de la Convención, el viejo Jardín Real y el Zoológico, así como el Museo Real (*Jardin du Roi, Cabinet du Roi*), con su implícita división entre el estudio de los organismos vivientes y los muertos, había sido reorganizada en forma de un único Museo Nacional de Historia Natural, que abarcaba virtualmente todas las ramas de la ciencia a excepción de la Física y la Astronomía[106]. Los muy abundantes puestos desiguales de las viejas instituciones, habían sido sustituidos por doce cátedras de igual estatus. Entre los ostentadores de estos puestos —por mencionar tan sólo a aquellos que se vieron implicados en el debate acerca de los fósiles—, Barthélemy Faujas de Saint-Fond (1742-1819) había quedado como profesor de la ciencia, aún relativamente nueva, de la Geología, mientras que Jean-Baptiste Lamarck (1744-1829) había sido ascendido de un cargo humilde de botánico al de profesor a cargo de todos los animales invertebrados (según la clasificación de la época, *Insectes et Vers*). Etienne Geoffroy Saint-Hilaire (1722-1844), con sólo veintiún años había sido puesto a cargo de la Zoología de Vertebrados, conservando los Mamíferos y las Aves cuando esta vasta disciplina fue subdividida poco después. No obstante, los vertebrados eran también estudiados bajo el encabezado de la Anatomía; fue precisamente a este departamento al que se incorporó Cuvier en 1795, a los veinticinco años de edad como aprendiz del anciano Mertrud y, posteriormente, como profesor con

todos los derechos. Durante la violenta fase de la

Revolución, la posición de Cuvier como tutor de una familia noble normanda le había mantenido recluido en provincias; pero, al mismo tiempo, le había suministrado amplias oportunidades para dedicarse con creciente pasión a la Historia Natural, y había complementado sus anteriores estudios con observaciones de animales marinos

—e incidentalmente, también de fósiles. Fue durante el período que pasó en Normandía cuando conoció por vez primera a un *savant* refugiado de la capital, quien inmediatamente reconoció su excepcional talento y escribió a París diciendo que «al ver a este joven experimenté el asombro del filósofo que, arrojado sobre una playa desierta viera dibujadas en la arena figuras geométricas». A raíz de esto, Cuvier fue invitado a unirse a la plantilla del Museo Nacional, a la que habría de pertenecer el resto de su vida [107] .

El Museo no tardó en convertirse en la envidia de la Europa científica. Es cierto que las Universidades alemanas estaban en cabeza en cuanto al número de profesores que mantenían; y varias distinguidas escuelas de minería habían convertido ya a Alemania en el centro de la investigación geológica. Con todo, Francia compensaba lo que le faltaba en cantidad con la calidad: en ningún otro lugar existía un grupo de científicos tan brillantes trabajando en un centro integrado de investigación que cubriera un terreno tan extenso dentro de la ciencia, y tan generosamente respaldados económicamente. Más aún, estaba también el Instituto Nacional, que había sido creado tras la Revolución como organismo para la difusión y promoción de todas las ramas del conocimiento, encarnando así el conocimiento universal subyacente a la gran *Encyclopaedia* de la Ilustración. La anterior Real Academia de Ciencias había sido remodelada como una de las tres «clases» del Instituto, y esta «clase», equívocamente denominada «Matemáticas y Física», abrazaba de hecho el estudio de la Historia Natural complementando así las actividades el Museo. Por contraste, en Gran Bretaña, aunque había una sustancial actividad docente en lo que a la Historia Natural se refiere en Escocia [108] , prácticamente no existía en las universidades inglesas, y el apoyo otorgado por el estado a la ciencia era en extremo pobre.

En el Museo de París, el programa de investigación se inspiraba en ideales baconianos, newtonianos y linneanos —en el sentido en el que se entendía a esas tres figuras a finales del siglo XVIII. La influencia de Buffon, que había dominado la historia natural en la Francia pre-revolucionaria, fue rechazada: como lo expresaba un portavoz de los nuevos ideales, «la magia del estilo» de la obra de Buffon, había

«retrasado el desarrollo del verdadero conocimiento en la Historia Natural, debido a la actitud de burla que él mantenía, e inspiraba (en otros), hacia los sistemas y los métodos» mientras que sus obras cumbre no habían sido más que «romances cosmológicos»[109]. Lo que hacía falta era una recolección paciente de observaciones metódicas, la búsqueda de las simples leyes de la naturaleza que, sin duda, debían subyacer a la desconcertante

variedad de fenómenos presente en la historia natural, y la reducción de esa variedad a un sistema de clasificación basado en la razón. Cuvier encajaba perfectamente en este ambiente de investigación. Como conservador del material anatómico del Museo, puso gran énfasis en la creación de la colección más extensa que pudiera reunirse; los principios teóricos en los que basaba sus investigaciones estaban explícitamente pensados para dotar a la anatomía comparada de la precisión y sencillez ya logradas por las ciencias físicas; y, sustancialmente, sus investigaciones se centraban, como indica el título de su obra principal, en trazar, primero en esbozo y después con detalle, toda la extensión de *The Animal Kingdom* (1817)[110].

Aunque a Cuvier le fue asignado un puesto en «Anatomía» él interpretó ese término en un sentido significativamente amplio. Tanto la anatomía como la fisiología, tal y como se entendían tradicionalmente, constituían para él algo estéril en su aislamiento: era necesario integrarlas en un estudio unificado del organismo viviente y funcional.

Mientras estaba en Normandía, Cuvier había estudiado, y se había visto profundamente influenciado, por el magistral trabajo de Aristóteles acerca de la biología de los animales marinos; y su concepción de los organismos vivos siguió siendo básicamente aristotélica durante toda su vida. Lo que él denominaba las «condiciones de existencia» de un organismo era, lógicamente, fundamental; y la coordinación funcional de los órganos en el interior del cuerpo expresaba, sencillamente, la realización material de este carácter irreductible de los seres vivos. Los organismos eran esencialmente similares a las máquinas y podían, en principio, explicarse en términos físico-químicos (las fuerzas

«vitalistas» le resultaban aborrecibles, al ser inexplicables); pero, al igual que en las máquinas, todas las partes de un organismo se integraban para producir un todo funcional. La forma y las acciones de cada una de las partes estaban conectadas de modo más o menos directo con la forma y la función de todas las demás: ninguna de las partes podía sufrir modificaciones que no fueran triviales sin poner

fatalmente en peligro la integración y, por consiguiente, la existencia del todo. De esto se seguía que las «especies» no eran unas meras abstracciones artificiales extraídas de la homogénea variedad de la naturaleza como había sospechado Buffon, sino unidades genuinamente discretas basadas en las necesidades ineludibles de las condiciones de la existencia.

Había, en efecto, variaciones en el seno de muchas especies; pero sólo podían afectar las partes funcionalmente superficiales (y, a menudo, literalmente) del cuerpo, ya que toda variación importante en la maquinaria esencial del cuerpo haría que fuera incapaz de funcionar. Las especies eran, por lo tanto, unidades reales y estables del mundo animal, encarnando cada una de ellas un modo de vida diferente [111] .

II

El concepto que Cuvier tenía de su tarea —en términos modernos el estudio de la morfología funcional— recibió expresión pública muy poco después de su llegada a París, cuando se hizo cargo del curso de conferencias de Mertrud, cambiando su nombre por el de «Anatomía *comparada*». Habría de dedicarse a «la comprensión de las máquinas animales» y, para esto, el método más heurístico consistía en el estudio sucesivo de los órganos encargados de cada función vital y en la comparación de esos órganos en todo el reino animal. Sería entonces posible comprender con plenitud la integración funcional de todos los órganos en cada uno de los animales [112] . Cuvier no tardó en formular dos «principios racionales» por medio de los cuales expresar la base de esta investigación. La necesaria interdependencia de todos los órganos del cuerpo se había puesto de manifiesto en la «correlación entre las partes»: por ejemplo, podía esperarse que todo animal carnívoro dispusiera no sólo de una dentición adecuada para una dieta tal, sino también, en correlación con ese carácter, garras adecuadas para capturar y sujetar a su presa, y así sucesivamente. En segundo lugar, al intentar reducir la enorme variedad de la organización anatómica a algún tipo de sistema ordenado, Cuvier pensaba que podría sustituir el simple empirismo de la clasificación botánica por un sistema más «racional», basado en la «subordinación de caracteres». Todas las funciones vitales eran igualmente esenciales para la vida de un animal; pero, a todos los efectos, algunas eran más iguales que otras, y a los órganos que desempeñaban las funciones más fundamentales podía, por consiguiente, asignárseles un mayor peso a la hora de decidir las afinidades naturales de diferentes animales [113] .

Cuvier no había hecho más que empezar la serie de detallados estudios anatómicos que habrían de justificar estos principios cuando el Instituto Nacional recibió de Madrid unos grabados inéditos de un animal fosilizado gigantesco enviado desde Paraguay.

Cuvier recibió el encargo de hacer un informe, y anunció, no sólo que el animal era nuevo para la ciencia, y que casi con seguridad estaba extinto —lo que ya se sospechaba—, sino también que aquella criatura del tamaño de un rinoceronte había pertenecido a la misma familia que los humildes perezosos (fig. 3.1). A pesar de ser tan diferente en tamaño, y también sin duda, en sus hábitos, ésta era la sorprendente conclusión a la que llevaba la anatomía comparada: era «una nueva y poderosa prueba», manifestó «de las leyes invariables de la subordinación de caracteres», y de la validez de esas «leyes» como medio de determinar las afinidades naturales [114] .





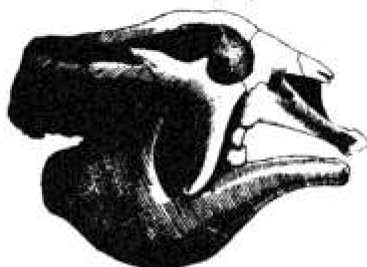


Fig. 3.1. La primera utilización por parte de Cuvier de la anatomía comparativa en la paleontología: los cráneos de dos especies de perezosos arborícelas actuales (1, 2), comparados con el del enorme perezoso terrestre *Megatherium* encontrado en Paraguay (3), reducido al mismo tamaño. Procedente de un trabajo preliminar, publicado en 1796, sobre el fósil de Paraguay.

Fue el estudio de lo que denominó *Megatherium* (es decir, «bestia enorme») lo que le llevó a examinar más de cerca el problema de las otras criaturas del «mundo antiguo», cuyos restos habían sido recogidos y cada vez más discutidos a todo lo largo del siglo XVIII. Hacía ya mucho tiempo que se conocían huesos y dientes de elefante y rinoceronte procedentes de Siberia, pero éstos habían sido explicados sin grandes aspavientos, como detritus de algún diluvio que habría barrido hacia el norte, desde las regiones tropicales en las que vivían tales animales, sus restos. Por otra parte, el animal que Cuvier denominó posteriormente *Mastodon* había planteado, desde que fue descubierto en las riberas del Ohio en 1739, un problema mucho más difícil, ya que parecía combinar unos colmillos de elefante con unos dientes similares a los de los hipopótamos. Inicialmente, Buffon había inferido que pertenecían a alguna especie extinta, pero su colega Daubenton le persuadió posteriormente de que era más probable

que procedieran de una mezcla fortuita de los restos de un elefante y un hipopótamo.

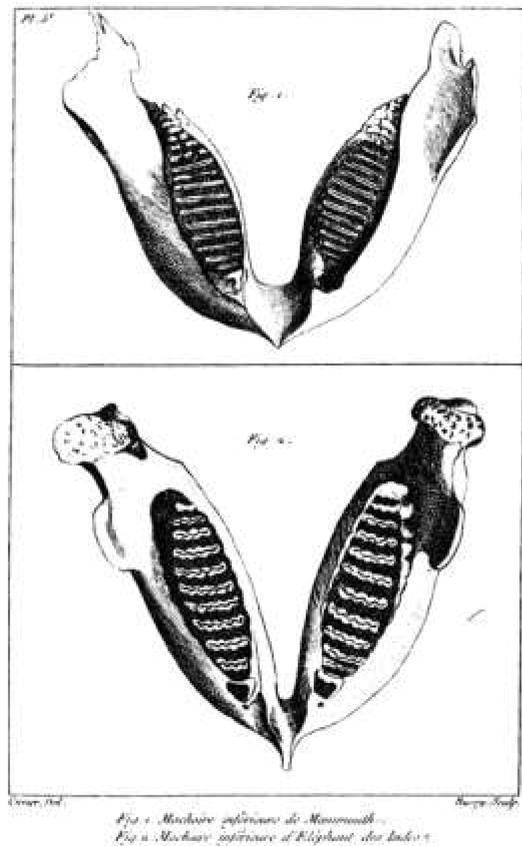
La opinión de otros naturalistas oscilaba entre estas dos alternativas, y el propio Buffon volvió después a la idea de que probablemente representaran una única especie extinta [115]. Pero, extinta o no, Buffon, al igual que otros naturalistas, asumió que todos aquellos huesos representaban a criaturas tropicales, y consideraba que su presencia en latitudes frías suponía una poderosa evidencia en favor de su teoría de enfriamiento gradual del globo.

Así pues, siguió siendo un interrogante si alguna especie había realmente

«desaparecido» del mundo; una cuestión tan discutible e insegura a finales de la vida de Buffon como lo había sido hacía casi un siglo, al morir Ray. Había muchos grupos de fósiles, como los ammonites y los belemnites, que eran ya reconocidos, más allá de toda duda, como de origen orgánico, y que diferían radicalmente de cualquier animal viviente conocido; no obstante, aún podía aseverarse, y con buenas

razones, que tal vez vivieran en aguas abisales o en alguna remota parte del mundo (el descubrimiento del celacanto y la *Neopilina* en nuestro siglo debería recordarnos que este razonamiento sigue siendo, incluso hoy, válido). Fue Cuvier el primero en reconocer claramente que esta cuestión, tan esencial para el conocimiento de la historia de la vida, jamás podría resolverse de modo decisivo si no era utilizando como «experimento crucial» los *grandes* cuadrúpedos terrestres. Aunque gran parte del interior salvaje de África y Sudamérica permanecían inexplorados, cada vez resultaba menos probable que se descubrieran *grandes* mamíferos desconocidos con vida. Resultaba casi inconcebible que el megaterio rumiante pudiera ser encontrado vivo en Sudamérica, o que los pioneros que se desplazaban hacia el oeste desde los trece Estados Unidos originales pudieran encontrarse frente a mastodontes, además de indios. Por lo tanto, si un estudio de estos huesos fósiles, utilizando los poderosos nuevos métodos de la anatomía comparada, pudiera demostrar que habían pertenecido a una especie diferente de todas las especies conocidas vivas, la realidad de la extinción quedaría probada prácticamente más allá de toda duda.

El megaterio le sugirió a Cuvier una conclusión de este tipo, pero él sabía que tendría mucha más fuerza si pudiera demostrarse que se cumplía también en el caso de los elefantes fósiles, que tanto material habían aportado al anterior debate. Los recursos del Museo para este proyecto se habían visto incrementados fortuitamente por la requisa de la colección de Stadtholder, de La Haya, como resultado de las victorias republicanas frente a Holanda. Cuvier dispuso así de abundante material con el que comparar meticulosamente, hueso a hueso, la anatomía esquelética de los elefantes vivientes y los fósiles. Esto le permitió afirmar, en primer lugar, que los elefantes indios y los africanos eran especies distintas, ya que sus diferencias anatómicas eran demasiado grandes y constantes como para obedecer simplemente a los efectos de un



medio ambiente diferente. Esto, de por sí, era ya un triunfo de los nuevos métodos de la anatomía, con su especial interés en la disección y las características internas. Pero Cuvier fue más lejos, y pudo argumentar que el elefante fósil, o «mamut», encontrado en Siberia y en el norte de Europa había sido diferente de ambas especies vivientes (fig.

3.2).

Fig. 3.2. Primera demostración de Cuvier (1799) de la diferencia específica entre el mamut (arriba) y el elefante indio (abajo), expresada aquí mediante la comparación de sus mandíbulas inferiores. Cuvier sostuvo que esta distinción suponía que el mamut era una especie efectivamente extinta.

Esta conclusión tenía unas implicaciones de enorme alcance, lo que probablemente explique por qué fue escogido Cuvier para su presentación ante el Instituto Nacional en el que las diversas ramas de la ciencia daban, por turno, conferencias públicas acerca de sus últimas investigaciones. Aunque algunas de estas conferencias trataban de temas pobremente apropiados para el público en general, el material de Cuvier y sus conclusiones eran lo suficientemente sensacionales como para resultar de interés absorbente para cualquier *amateur* de la ciencia. Los grandes paquidermos no sólo eran intrínsecamente fascinantes al ser los animales terrestres de mayor tamaño, sino que la extinción demostrable de una especie concreta iluminó inesperadamente, en palabras de Cuvier «la historia, tan intrigante y oscura de las revoluciones de este globo» [116] .

III

La utilización por parte de Cuvier de la palabra «revolución» en el contexto de la historia de la Tierra no era original; de hecho era un lugar común; pero en otros escritores anteriores como Buffon, sus implicaciones habían sido más newtonianas que políticas. Del mismo modo que los planetas giraban en torno al sol, según el punto de vista de Buffon, la Tierra había sufrido sin duda multitud de cambios graduales en el transcurso de su larga historia. En una era revolucionaria, sin embargo, la palabra adoptaba nuevos significados de violencia súbita, y fue en este sentido en el que Cuvier llegó a considerar la historia de la Tierra como una historia puntuada por

«revoluciones». Del mismo modo que las instituciones del viejo régimen se habían visto súbitamente arrolladas y sustituidas por otras, estos huesos fósiles parecían «demostrar la existencia de un mundo anterior al nuestro, destruido por algún tipo de catástrofe».

Ésta no fue una conclusión basada en una imaginaria analogía con la política de su tiempo; tenía una sólida base, en opinión de Cuvier en los resultados de sus investigaciones. Porque si el mamut había sido una especie diferente a las dos especies vivientes de elefantes, no había razón alguna para suponer que hubiera sido de hábitat tropical, y la explicación dada por Buffon de su presencia en latitudes frías, caía inmediatamente bajo sospecha o quedaba invalidada. Esta inferencia fue confirmada algunos años más tarde por el informe acerca de uno de los escasos cadáveres de mamut preservados en los suelos helados de Siberia, que demostraba que el mamut había tenido una piel peluda bien adaptada para un clima frío (se conocía ya un ejemplar similar del rinoceronte lanudo). Pero si el mamut había estado adaptado al frío, ¿cómo podía haberse extinguido? Al contrario de lo que habría ocurrido en una época anterior, en la que la pregunta crucial habría sido «¿Por qué?», el problema se había convertido en averiguar «¿Cómo?»: las preocupaciones implícitas en la cuestión no eran ya, al menos para Cuvier, las de la teología natural, sino las de la biología funcional aristotélica. Si el mamut había estado bien adaptado a un clima frío, y todas las partes de su cuerpo habían estado funcionalmente integradas al servicio de una forma definida de vida en ese clima, ¿cuál podía haber sido la causa de la extinción?

Cualquier cambio gradual en su medio ambiente hubiera producido, sin duda, su migración a áreas más adecuadas (como de hecho había sugerido Buffon en su *Epochs*):

en opinión de Cuvier sólo algún acontecimiento repentino y drástico pudo aniquilar de un modo tan completo una especie manifiestamente bien adaptada y floreciente.

No obstante, no fue sólo su concepción de la vida orgánica lo que le llevó a asumir que «algún tipo de catástrofe» debía haber sido responsable. Por añadidura, uno de los geólogos más respetados de su época había acumulado una formidable cantidad de evidencia, que sugería que se había producido algún acontecimiento así en un pasado relativamente reciente. El naturalista de Ginebra, Jean-André De Luc (1727-1817), en una larga serie de publicaciones difusas [117] , había argumentado con detalle que muchos de los procesos geológicos detectables en el presente no lo eran al remontarse algo atrás en el pasado: por ejemplo, el Ródano estaba formando un delta en el lago Ginebra, pero no era posible que llevara haciéndolo un tiempo indefinido, ya que, en otro caso, el lago se habría convertido en una planicie aluvial largo tiempo atrás. A la luz de muchas investigaciones posteriores, podemos ver que De Luc tenía buenas razones para mantener que existía algún tipo de discontinuidad hacía sólo unos pocos miles de años en la historia de la Tierra; en toda Europa, el final de la glaciación del Pleistoceno había producido, en efecto, cambios radicales en la naturaleza y ritmo de los procesos geológicos. Fue la consciencia de estos fenómenos lo que hizo difícil que la mayor parte de los geólogos de la época aceptaran los argumentos del filósofo escocés James Hutton (1726-1797), en favor de la acción uniformemente lenta de *todos* los procesos geológicos [118] . Cuvier creía que la diferencia entre hombres como Saussure, Pallas y Dolomieu, por una parte, y los constructores de sistemas como Buffon, por la otra, había sido la determinación de los primeros de adherirse al principio del actualismo [119] : «todo Sistema [que sea especulación grandiosa] ha sido por ellos rechazado», dijo en tono de aprobación: «Han reconocido que el primer paso a dar para averiguar cosas acerca del pasado es comprender claramente el presente» [120] . No obstante, no podía asumirse *a priori* que el presente fuera, en todos los aspectos, una muestra adecuada o totalmente representativa del pasado: algunos acontecimientos naturales ocurren de modo tan infrecuente, en relación con la brevedad de los registros humanos, que el método del actualismo tendría que ser reemplazado por la inferencia directa a partir de los efectos preservados de tales acontecimientos. Uno de estos acontecimientos excepcionales, de un tipo no registrado en la historia humana más reciente, parecía estar implicado en los diversos fenómenos descritos por De Luc.

Las razones del propio De Luc para intentar demostrar que se había producido algún acontecimiento físico drástico, estaban

explícitamente relacionadas con su deseo de demostrar que la historicidad del Diluvio registrado en las Escrituras se veía respaldada por las evidencias científicas. Al igual que otros científicos anteriores con las mismas preocupaciones, se vio obligado, en la práctica, a adoptar una interpretación muy flexible del Diluvio, y lo concebía como un engolfamiento(19) de los continentes

antediluvianos por un hundimiento de la corteza terrestre, seguido por la emergencia de los actuales continentes de lo que habían sido los fondos de los océanos antediluvianos. Aunque De Luc seguía utilizando los viejos argumentos de la cronología para intentar establecer lo reciente que había sido el propio Diluvio, estaba dispuesto a conceder un período de tiempo geológico indefinidamente largo, anterior a este acontecimiento, adoptando lo que hacía tiempo era ya una interpretación estándar de los «días» de la Creación como eras de una duración no especificada.

Esta preocupación por reconciliar las evidencias geológicas con las Escrituras y, específicamente, con la narración del episodio del Diluvio, había dejado de tener gran influencia en los círculos científicos. Sólo en Inglaterra, aún atrasada en este terreno, al igual que en otras disciplinas científicas, los hombres de ciencia —y lo que es más, también el público en general— siguieron preocupándose por tales cuestiones durante muchos años[121]; y, significativamente, fue precisamente en Inglaterra donde se instaló De Luc durante la mayor parte de su vida. No obstante, la obsoleta preocupación de De Luc por las Escrituras no iba en menoscabo de la validez científica de sus razonamientos detallados acerca de *algún* tipo de acontecimiento físico drástico en un pasado geológicamente reciente. Cuvier, como su más anciano colega Dolomieu, pudo por tanto tomar prestado el concepto de De Luc de una reciente «Revolución», sin tener que aceptarlo junto con el intento por parte del mismo autor de hacer que concordara con las Escrituras[122]. En opinión de Cuvier, la mayor parte de los antiguos libros disponibles —incluyendo el Antiguo Testamento como uno entre muchos—

preservaban una tradición más o menos tergiversada de algún acontecimiento antiguo relacionado con una inundación. Pero en su opinión, se encontrarían evidencias mucho más importantes y fiables acerca de la naturaleza de la «revolución» por medio de un estudio cuidadoso de sus efectos *naturales*.

Así pues, la revolución que había aniquilado al mamut bien podría ser la descrita por De Luc, ya que los huesos fósiles de mamut habían sido hallados en los depósitos superficiales de grava que De Luc atribuía a

este episodio. Tales depósitos eran, evidentemente recientes, al menos en términos geológicos, dado que cubrían de modo irregular las series normales de estratos y, a menudo, quedaban confinados a los valles excavados por los ríos actuales en esos estratos. Para cuando Cuvier publicó la versión íntegra de su memoria acerca de los elefantes (1806) [123] había encontrado algunos huesos con ostras y otros organismos marinos adheridos a ellos, lo que parecía confirmar que la «revolución» había sido algún tipo de incursión prolongada de las aguas marinas, y que no había consistido en una simple inundación transitoria. Lo que es más, dado que las gravas en las que se hallaban los huesos estaban confinadas en áreas relativamente bajas, llegó a la conclusión de que esta incursión no había sido universal, sino meramente local. Finalmente, dado que los huesos en sí estaban bien

preservados y mostraban pocos signos de desgaste, infirió que no habían sido transportados desde alguna remota región y que eran los restos de animales que habían vivido y muerto en las proximidades del lugar en que habían sido encontrados éstos.

Por consiguiente, llegó a la conclusión de que la «revolución» responsable de la extinción de los mamuts había sido una repentina pero prolongada inundación de tierras bajas por las aguas del mar. Grandemente impresionado por la preservación de ejemplares enteros de la especie en las áreas de permafrost de Siberia, pensaba, alternativamente, que tal vez la extinción podría haber obedecido a una súbita disminución de la temperatura. Nunca llegó a resolver claramente el conflicto entre estas dos hipótesis, y no estaba en absoluto dispuesto a especular acerca de las causas físicas del acontecimiento, aunque evidentemente creía que sus causas habían sido naturales. Pero esto no era más que producto de su natural cautela de científico. En su opinión, sus trabajos habían conseguido, gracias a que tenían una base rigurosamente anclada en los hechos, demostrar la inadecuación de los anteriores «sistemas» de la historia de la Tierra, y en especial la de Buffon: por consiguiente, le preocupaba más evitar el error metodológico de sus predecesores, que permitieron que la especulación ocupara el puesto de la observación.

IV

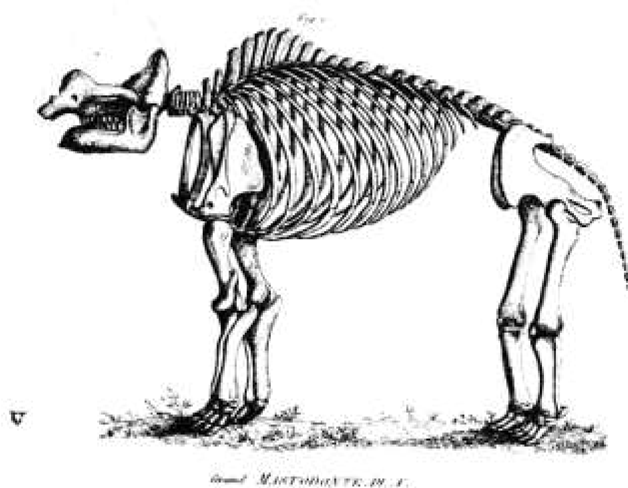
Las investigaciones de Cuvier en los breves años que siguieron a su primera conferencia —algunos de los más productivos de su vida— demostraron, de forma concluyente, que no sólo habían desaparecido el mamut y el megaterio, sino toda una fauna. En una memoria tras otra, cuidadosamente detalladas, y fundada cada una de ellas en una meticulosa comparación con la anatomía de los mamíferos vivientes, demostraba que habían existido especies de elefantes, hipopótamos, rinocerontes, armadillos, ciervos, ganado y así sucesivamente —todos ellos diferentes de cualquier especie viviente, muchos de ellos de mayor tamaño—, que aparentemente habían desaparecido de la faz de la Tierra. La resurrección de un zoo tan espectacular fue un asombroso logro, y llevó a Cuvier a la fama en el mundo de la ciencia.

Para el propio Cuvier, no obstante, aunque no era un hombre predispuesto a ocultarse entre las bambalinas, este trabajo resultaba igualmente satisfactorio como vindicación de sus principios biológicos. Cada animal fósil por él reconstruido constituía un monumento al principio de la coordinación de las partes, del mismo modo que su asignación al lugar apropiado dentro del reino animal, era una demostración de la validez del principio de la subordinación de los caracteres. La mayor parte de los cuadrúpedos fósiles, al contrario que el megaterio completo y los ocasionales mamuts, se encontraban sólo en forma de huesos dispersos y desarticulados y, a menudo, se localizaban en el mismo depósito huesos de varias especies. Existía por lo tanto el riesgo

de reconstruir un imaginario animal mixto por error, como había sospechado Daubenton en el caso de los restos del Ohio. Pero Cuvier era de la opinión de que podía evitarse este riesgo por medio de la aplicación de sus dos principios anatómicos, y de que podía reconstruirse cada una de las especies de un modo totalmente fiable (fig. 3.3).

Si se analizaba la forma de cada hueso en términos funcionales, en relación con el resto del cuerpo, sería posible unir las piezas, y lograr una construcción funcionalmente integrada de todo el animal, y no habría riesgo alguno (por poner un ejemplo un tanto simplista) de asignar las mandíbulas de un carnívoro a un esqueleto con patas de herbívoro. La correlación entre las partes se convirtió, en el caso del material fósil, en un principio heurístico de valor predictivo: su aplicación servía para indicar qué huesos de entre una colección de

ellos correspondían a los mismos animales. Desde el punto de vista de Cuvier, tenía la suprema virtud de ser un principio racional; pero en la práctica, dado que el significado funcional de muchas correlaciones anatómicas era francamente incierto, se veía obligado a recurrir a menudo a la observación empírica de que ciertos rasgos estaban, en general, asociados dentro de un grupo dado de animales. Por consiguiente, en la práctica, el valor predictivo de su anatomía comparada descansaba más en el conocimiento muy extenso que Cuvier tenía de los animales vivientes, que en el principio de coordinación funcional al que tanto valor otorgaba. Cuando, por ejemplo, descubrió un fósil de aspecto marsupial en las canteras de yeso de Montmartre, creyó que sus principios se verían vindicados si unas ulteriores excavaciones revelaran que el espécimen había poseído huesos de marsupial en la pelvis. Su predicción se vio confirmada, y Cuvier afirmó que este resultado constituía una espectacular demostración del *status* auténticamente científico de sus principios (figura 3.4); pero, de hecho, estaban basados más en una comparación con los marsupiales vivientes de América y Australia, que en una correlación funcional con la bolsa de los marsupiales **[124]** .



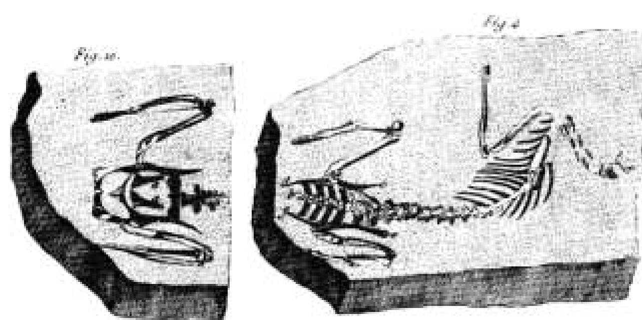


Fig. 3.3. Reconstrucción de Cuvier (1806) del Mastodonte18 fósil americano. Éste fue un resultado espectacularmente feliz de la aplicación de sus métodos anatómicos, a pesar de que los primeros naturalistas sospecharon que los desperdigados huesos y dientes de este mamífero podrían haber pertenecido a más de una especie.

Fig. 3.4. Dibujos de Cuvier (1804) del esqueleto incompleto de un marsupial fósil perteneciente a los lechos de yeso de Montmartre, de comienzos del Terciario. Su disección de este espécimen (derecha) puso de manifiesto la existencia de los huesos de marsupial (izquierda, a, a) que había predicho en concordancia con sus principios anatómicos.

No obstante, cualquiera que fuera el estatus lógico real de sus principios, no cabe duda de que los trabajos de Cuvier tuvieron un éxito asombroso a los ojos de sus coetáneos, y parecían justificar su esperanza de que la anatomía pronto se expresaría en

términos de «leyes» igual de sencillas y, en cierto modo, tan «matemáticas» como las establecidas por Newton en la física y ahora en la nueva química de Lavoisier. El prestigio científico de la anatomía comparada de Cuvier, combinado con la naturaleza llamativa de sus reconstrucciones de mamíferos fósiles, le garantizaban así que sus especulaciones de mayor alcance fueran recibidas con igual respeto. Cinco años después de su primera conferencia ante el Instituto, Cuvier pudo resumir los frutos de su investigación, y analizar sus implicaciones de modo más completo en una conferencia

«Sobre las especies de cuadrúpedos cuyos huesos aparecen en el interior de la tierra»

(1801)[125]. Estaba ya claro que el estudio de los fósiles por medio de los métodos de la anatomía comparada, podía producir evidencias decisivas sobre las que basar «una teoría de la Tierra» con mayor solidez de lo que había sido posible en tiempos de Buffon. Las investigaciones recientes habían demostrado, más allá de toda duda, que en un tiempo relativamente reciente del pasado, la Tierra había estado habitada por animales que no se conocían vivos en tiempos de Cuvier. Por lo tanto, la cuestión más importante, señaló éste, era «descubrir si las especies que existían entonces han sido totalmente destruidas, o si simplemente han visto su forma modificada, o se han visto transportadas de un clima a otro». En estas pocas palabras, claramente estaban establecidas las tres explicaciones alternativas: la extinción, la evolución y la migración.

La última de éstas, según admitía el propio Cuvier, podía considerarse aún una posibilidad válida para los animales marinos, pero en lo referente a los grandes cuadrúpedos terrestres, podía ser ya ignorada. Así pues, desde el punto de vista de Cuvier, esto dejaba tan sólo a la extinción *versus* evolución, como únicas soluciones posibles.

V

Una antítesis tan desnuda puede resultar peculiar vista retrospectivamente, ya que la teoría darwiniana pudo integrar posteriormente ambas opciones haciendo que la extinción fuera un aspecto importante del mecanismo de la propia evolución. Pero para Cuvier, la sugerencia de que los animales fósiles se habían visto «meramente modificados en su forma» transformándose en especies vivientes, era una teoría que virtualmente negaba la realidad de la extinción. Esta teoría, defendida de modo especial por el colega de Cuvier, Lamarck, aunque posteriormente fuera etiquetada como

«evolutiva», guarda poca semejanza con la posterior teoría de la evolución de Darwin.

Por lo tanto, resulta importante tener presente que el rechazo de la evolución por parte de Cuvier —debido al cual fue considerado un villano reaccionario en la historia de la ciencia— era fundamentalmente una defensa de la *extinción*, no de la creación especial.

La cuestión que se debatía en esta fase no era el origen de las especies actuales, sino el destino de las anteriores.

Lamarck no sólo pertenecía a una generación anterior a la de Cuvier, sino que también se adhería a una tradición científica más antigua y su teoría evolutiva sólo puede ser correctamente entendida como parte de una filosofía mucho más amplia de la naturaleza. No creía sencillamente que una especie biológica evolucionara transformándose en otra, sino más bien que las propias especies eran irreales. Eran divisiones arbitrarias y artificiales en el seno de la homogénea variedad de la naturaleza. La palabra «especies» seguía conteniendo para él su primitiva amplitud de significado, y tales divisiones eran igual de irreales entre, por ejemplo, las sustancias químicas y los minerales, como entre los animales y las plantas[126]. No obstante, si bien la diversidad de los organismos era, en cierto sentido, homogénea, es decir, sin soluciones de continuidad, no era, como consecuencia, informe. El verdadero orden y sistema de la naturaleza orgánica venía indicado, en opinión de Lamarck, por el antiguo concepto de la «escala de los seres», en la cual los diferentes grupos de organismos se disponían con arreglo a la «perfección» de sus facultades. Lamarck estaba lo suficientemente impresionado por las diferencias fundamentales entre animales y plantas como para

reconocer que estos dos reinos de la naturaleza no podían disponerse seriamente en una escala única; y, dado que, también hacía hincapié en los contrastes entre las entidades vivientes y las no vivientes, no intentó extender ninguna de ambas escalas «hacia abajo» hasta el reino mineral. No obstante, tanto para los animales como para las plantas, el concepto de formas «superiores e inferiores» no constituía para él una mera metáfora, sino un reflejo del auténtico orden de la naturaleza.

De un modo u otro, la escala del ser ha sido un lugar común en la historia natural del siglo XVIII[127]: estaba admirablemente bien adaptada a la ideología de la Ilustración, dado que hacía que el hombre, que ocupaba la parte superior de la escala, fuera literalmente el patrón de medida de todos los demás seres vivos. Su terminología tiene en ocasiones una similitud anacrónica y espuria con el lenguaje de posteriores teorías evolutivas; pero, en general, era un concepto estático de una jerarquía que no había cambiado ni se había desarrollado con el transcurso del tiempo. Sólo después de que comenzara a trabajar sobre los animales invertebrados, el propio Lamarck empezó, al parecer a transformar su escala de un concepto estático a uno temporal. Su traslado de la Botánica a la Zoología tras la fundación del Museo refleja su deseo por encontrar en los animales «inferiores» un nuevo campo para demostrar las transiciones insensiblemente graduales, de la forma en el seno de la naturaleza orgánica[128]. Pero ya en 1800, cuando introdujo un curso de conferencias en el Museo, subrayó la importancia de los invertebrados no sólo como «los animales más imperfectos, los más simplemente organizados», sino también como los más primitivos en un sentido temporal. Eran «tal vez aquéllos con los que empezó la naturaleza, mientras formaba todos los demás con la ayuda de mucho tiempo y circunstancias favorables»[129].

No obstante, este cambio de opinión era menos radical de lo que podría parecer: significaba simplemente que Lamarck se había convencido de que las especies animales eran tan irreales como las de los minerales, y que todas las entidades naturales se encontraban sometidas al mismo proceso de flujo continuo. De hecho, había estado dedicando gran parte de su tiempo en el Museo al estudio de la Geología, no de la Zoología. En su trabajo titulado *Hydrogeology* (1802)[130], sugería que el granito, una roca supuestamente «primitiva» debía proceder de la transformación gradual de restos orgánicos, «con el tiempo y en circunstancias favorables»; la misma frase que utilizaba para las especies orgánicas. Con semejantes especulaciones frente a la nueva química de Lavoisier, no resulta sorprendente que Lamarck no encontrara ni un solo editor comercial

para su libro; se vio obligado a publicarlo él mismo, pagando de su propio bolsillo y, como se quejaba amargamente, había sido virtualmente ignorado por sus colegas. No obstante, es una importante clave en cuanto al pensamiento evolutivo de Lamarck, y no sólo porque respaldaba la escala temporal inmensamente extensa que su teoría requería. Como sugiere el título era un sistema geológico que no dejaba lugar para los procesos ígneos en el seno de la Tierra: al igual que los primeros trabajos de Buffon (aunque no en su posterior *Epochs*) visualizaba una serie de cambios lentos en la geografía física, que se producían, exclusivamente, por la acción de las aguas en la erosión y la deposición. Lamarck no sabía gran cosa acerca de la estratificación, limitándose a utilizar la amplia aparición de los fósiles tierra adentro como argumento en favor de un lento e inexorable intercambio de posiciones entre los continentes y los océanos. Como resultado de la tendencia general de las corrientes oceánicas a desplazarse hacia el oeste, los continentes se veían continuamente erosionados en sus costas occidentales, mientras iban ganando terreno por deposición en sus costas orientales: con el suficiente tiempo, las masas continentales describirían así una vuelta completa al globo, y de hecho, Lamarck asumía que habían dado ya la vuelta a la Tierra varias veces de este modo.

La teoría de Lamarck, en su concepto del estado de equilibrio de la historia de la Tierra, y en su escala temporal virtualmente eterna, tiene evidentes afinidades con la más famosa obra de James Hutton, *Theory of the Earth* (1788)[131]. Aunque diferían en los mecanismos propuestos para garantizar un estado de equilibrio, las motivaciones por las que proponían tales teorías eran las mismas: en el marco de la teología natural deísta, sólo un estado de equilibrio podría demostrar la sabiduría de la naturaleza. Al igual que en un período anterior, la vasta magnitud de tiempo necesario postulada en tales teorías no era por sí misma una barrera a su aceptación. La mayor parte de los geólogos a finales del siglo XVIII, eran justificadamente reacios a comprometerse en estimaciones cuantitativas, ya que carecían de evidencias sólidas en las que basarse; pero está claro, por los frecuentes comentarios acerca del grosor de los estratos depositados homogéneamente, que se daban cuenta de que el tiempo geológico había

resultado extremadamente largo desde el punto de vista humano. Cuando, por ejemplo, el veterano geólogo Nicholas Desmarest (1725-1815) discutió la teoría de Hutton, rompiendo su propia norma de excluir a los autores vivos de su examen de las teorías geológicas, a modo de reconocimiento de la importancia de Hutton, criticó la teoría no debido a la enormidad de la escala temporal que postulaba, sino

debido a que su carácter cíclico estaba insuficientemente respaldado por observaciones detalladas [132] .

No resulta sorprendente que la teoría de Lamarck fuera virtualmente ignorada, ya que para 1802, el progreso del conocimiento empírico de la geología hacía, en opinión de los geólogos, que tales teorías especulativas fueran inexcusables.

Con todo, fuera o no excusable científicamente, fue esta teoría de un tiempo virtualmente infinito la que dio a Lamarck la justificación que necesitaba para interpretar los fenómenos de los fósiles en términos evolutivos. En su gran *System of Invertebrate Animals* (1802), afirmaba que «no puede uno por menos que creer que todo ser viviente debe cambiar insensiblemente tanto en su organización como en su forma»; y, con tiempo suficiente, estos cambios lentos podrían haber bastado para producir toda la gama observada de plantas y animales. Las diferencias entre las especies vivientes y las fósiles no resultaban para nada sorprendentes, según él, ya que había habido tiempo más que suficiente para que las formas fósiles se transformaran en las formas vivientes: por el contrario, lo que resultaba sorprendente era encontrar especies vivientes en forma fósil, y sólo cabía inferir que éstas eran tan relativamente recientes que no habían tenido aún tiempo de cambiar. «Por lo tanto, no debemos esperar nunca encontrar entre las especies vivientes todas aquellas que aparecen en estado fósil», concluía, «y con todo, no debe asumirse que ninguna especie haya realmente desaparecido o se haya extinguido» [133] .

La teoría evolutiva de Lamarck excluía, pues, la posibilidad de la extinción y, por consiguiente, se oponía inevitablemente a las conclusiones de Cuvier. El desacuerdo era aun más profundo. Ambos naturalistas mantenían puntos de vista diametralmente opuestos acerca de la naturaleza de la vida orgánica, y fue esto lo que hizo que su disputa fuera tan vehemente. Para Cuvier, como hemos visto, el organismo era un mecanismo funcionalmente estable y, por consiguiente, la especie era una unidad de la naturaleza temporalmente estable. El modo en que tales unidades habían surgido a la existencia era para él una cuestión sobre la cual no existía evidencia científica alguna, y acerca de la cual el científico no tenía razón alguna para especular. No obstante, una vez existentes estas unidades, el proceso de generación aseguraría el mantenimiento de una organización adecuada al modo de vida de la especie, y sólo algún cambio ambiental drástico podría eliminarla de la faz de la Tierra. Para Lamarck, por otra parte, semejante

«mecanización» de la biología resultaba tan aborrecible como los

cambios producidos por Lavoisier en la química. La vida era esencialmente un proceso de flujo continuo. Las

especies eran irreales, y era inconcebible que las gradaciones insensibles de la escala de los animales y las plantas pudiera haber sido imperfecta debido a las lagunas creadas por la extinción. Cuvier se opuso a esta actitud no porque amenazara con algún supuesto de creación especial (una doctrina que él jamás expuso), sino porque las creencias de Lamarck harían, en su opinión, que el estudio de los organismos fuera acientífico e inútil: «en una palabra, sería como reducir a nada la totalidad de la historia natural, ya que su sujeto de estudio consistía tan sólo en formas variables y tipos de rápida desaparición» **[134]** .

VI

El choque de opiniones entre Cuvier y Lamarck en cuanto a la interpretación de los objetos fósiles, recibió, casi de inmediato, el respaldo de una importante evidencia empírica; pero, al igual que la mayor parte de los experimentos cruciales en la ciencia, sólo le pareció crucial a una de las partes. Entre los *savants* que acompañaron a la expedición militar francesa a Egipto, el Museo iba representado por Geoffroy, que se encargó de reunir una colección de animales momificados extraídos de las antiguas tumbas. De vuelta en París, estos especímenes causaron casi tanta agitación en el mundo académico como aquel otro trofeo, aun más famoso, de esta misma expedición, la «piedra de Rosetta», ya que por fin había surgido la oportunidad, como afirmaba el Museo en su informe, de determinar «si las especies cambian de forma con el paso del tiempo». Se aceptaba, por supuesto, que incluso los fósiles más recientes tenían un

«origen incomparablemente más remoto» que estos especímenes momificados; pero, no obstante, si, como afirmaba Lamarck, el *tiempo* resultaba esencial para el proceso de cambio, resultaba legítimo comprobar si un espacio de tiempo breve, pero conocido, de unos pocos miles de años, había efectuado al menos un pequeño cambio en la forma de los organismos **[135]**. Metodológicamente, esto no era diferente de los procedimientos utilizados por la prestigiosa ciencia de la Astronomía para calcular, por ejemplo, las largas órbitas de los cometas, o de los planetas exteriores, a partir de las observaciones de sus movimientos a lo largo de un período de tiempo aún más breve. Resulta significativo que fuera un astrónomo, John Playfair (1748-1819), quien en aquel mismo momento defendía la utilización de los mismos razonamientos cuasi matemáticos para la geología en su *Ilustrations of the Huttonian Theory of the Earth* (1802) **[136]**, aplicando la idea de una «integración» de pequeños cambios a problemas tales como la excavación gradual de los valles.

El resultado del examen de los animales momificados en el Museo no fue nada ambiguo: cada una de las especies representadas resultaba indistinguible de los especímenes vivientes, no sólo en cuanto a su osteología, sino también en cuanto a la



anatomía comparada de todos los órganos preservados merced al período(20) de embalsamamiento. El ibis sagrado (fig. 3.5) podría haber sido una excepción, pero Cuvier, en una memoria especial, mostraba que las diferencias que presentaba respecto al ave viviente del mismo nombre obedecían a un error de identificación[137]. El experimento crucial, por lo tanto, parecía estar totalmente a favor de la concepción de la estabilidad orgánica de Cuvier, y en contra de la concepción de Lamarck del flujo orgánico.

Fig. 3.5. Dibujo de Cuvier (1804) del esqueleto del Ibis, procedente de los especímenes momificados del antiguo Egipto32. Lo identificó, con éxito, con una especie viviente de aves, y demostró que no había sufrido

«transmutación» alguna (es decir, cambio evolutivo) en los últimos tres mil años.

Pero Lamarck, a pesar de que firmó el informe del Museo acerca de la colección egipcia, no quedó convencido por el experimento. Introduciendo una monografía acerca

de los moluscos fósiles aparecidos en los estratos que rodeaban París, argumentó que las modificaciones de las llamadas «especies» no podían ser observadas porque tenían lugar con gran lentitud respecto a la escala temporal del hombre: llegar a la conclusión de que las especies eran estables era tan falaz, sugirió, como lo sería el que los insectos que vivían en un edificio, al no apreciar cambio alguno en el transcurso de veinticinco de sus generaciones, llegaran a la conclusión de que el edificio era eternamente estable [138] .

Esto podría sugerir que el motivo de la disputa entre Lamarck y Cuvier se basaba en las diferentes escalas temporales que cada uno de ellos visualizaba. Pero, de hecho, Cuvier estaba dispuesto a sugerir una edad de «unos miles de siglos» para los estratos fosilíferos en torno a París, que era la mayor antigüedad que una imaginación científica disciplinada podría haber inferido con corrección a partir de la evidencia [139] . Lamarck probablemente visualizara una escala temporal aun mayor, pero en cualquier caso, su disputa con Cuvier estaba basada más en su desacuerdo acerca de los métodos adecuados de inferencia que había que adoptar en una ciencia «histórica» como la geología. Lamarck, que creía «que el tiempo y las circunstancias favorables son los medios que la naturaleza utiliza de modo principal para crear sus productos», estaba dispuesto a concluir que, dado que «sabemos que el tiempo no tiene fin y está, por consiguiente, siempre a su disposición (es decir, a disposición de la naturaleza)», la transmutación de las especies era evidentemente cierta. Para Cuvier, por otra parte, tales apriorismos metafísicos resultaban absolutamente subversivos para cualquier verdadera ciencia. «Sé», escribió más adelante, «que algunos naturalistas confían grandemente en los miles de siglos que acumulan de un golpe de pluma; pero en estas cuestiones difícilmente podemos juzgar lo que podría producir una larga extensión de tiempo, salvo multiplicando con el pensamiento los efectos producidos por un espacio de tiempo menor». Ese tiempo menor, aunque desde luego breve en términos geológicos, no había producido, demostrablemente, ningún cambio detectable, y, por consiguiente, desde el punto de vista de Cuvier, el concepto de Lamarck del flujo orgánico carecía de fundamento científico.

Lamarck, en efecto, carecía de evidencias positivas en favor de la evolución que procedieran del registro fósil, aparte del hecho de que los moluscos fósiles que se hallaban en torno a París pertenecían a especies diferentes a cualquier especie viviente; y tendía a ofrecer una

explicación distinta incluso de este hecho, ya que utilizó el carácter tropical de algunos de los géneros (por ejemplo, *Nautilus, Murex* y *Cerithium*) como argumento en favor de una teoría altamente especulativa de una lenta deriva

polar [140] . Por consiguiente, no resulta sorprendente que cuando escribió una importante exposición de su teoría evolutiva, titulada *Zoological Philosophy* (1809), prácticamente no mencionara los fósiles. La obra elaboraba una teoría general de la

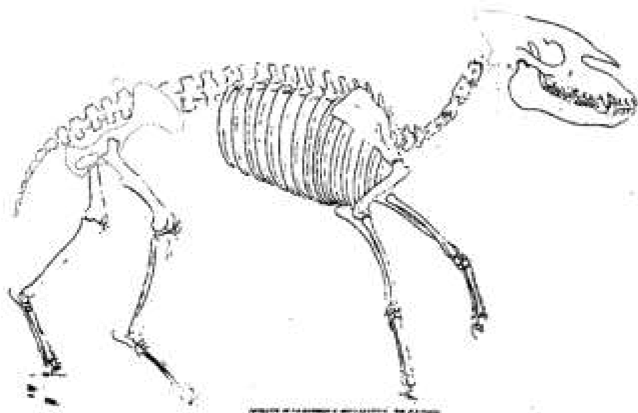
actualización temporal de la escala de los animales, pero interpretaba este ascenso gradual de la escala sólo en términos de una «tendencia» inherente a la vida, a la mejora con el transcurso del tiempo. Este «poder» inexplicado había pasado a ser, en el sistema de Lamarck, la «causa» fundamental de la evolución. La acción de «circunstancias favorables» (el lamarckismo «esencial» de otros biólogos posteriores) no era más que una explicación secundaria, introducida para explicar el hecho de que, debido a sus adaptaciones a diferentes modos de vida, los organismos no pudieran, en la práctica, disponerse en una escala lineal de gradaciones insensibles [141] .

VII

Irónicamente, en el preciso momento en que Lamarck componía su teoría evolutiva ignorando toda evidencia fósil acerca de la progresión de la vida en el transcurso del tiempo, los trabajos de Cuvier empezaban a poner al descubierto los primeros signos de esa clase de evidencia. Fue esta investigación, grandemente ampliada y extendida por posteriores paleontólogos que seguían la tradición de Cuvier, la que hizo, en última instancia, que la teoría de Darwin resultara científicamente convincente mientras que la de Lamarck no lo era.

En sus primeras investigaciones, Cuvier pensaba claramente en términos de una única revolución y un único «mundo anterior al nuestro». Esto era natural, dado que los huesos fósiles más fáciles de abordar habían sido los pertenecientes a los depósitos superficiales de grava, y era de estos depósitos de donde procedía la mayor parte de los animales de su fauna extinta. No obstante, al contrario que De Luc, Cuvier no pretendía atribuir un significado único a esta reciente «revolución». Incluso su primer discurso ante el Instituto sugirió — ante una audiencia perfectamente consciente de la continua inestabilidad política— que, del mismo modo en que los animales que había reconstruido habían sido aniquilados y sustituidos por aquellos que existían en la actualidad, éstos a su vez «tal vez fueran también destruidos algún día para ser reemplazados por otros». En breve, no obstante, sus ulteriores investigaciones confirmaron esta imagen de una historia de la Tierra puntuada por revoluciones ocasionales, al ofrecerle evidencias de que tales acontecimientos habían ocurrido más de una vez en el pasado.

Esta nueva dimensión de su investigación, que habría de tener consecuencias de gran alcance para la reconstrucción de toda la historia de la vida, surgió de sus estudios de fósiles extraídos de las canteras de yeso de Montmartre. Lo que tentativamente había identificado como un perro fósil, resultó ser, tras una aplicación más minuciosa de sus principios anatómicos, tres especies diferentes de un género totalmente desconocido, en el que se combinaban algunos de los caracteres de un tapir, un rinoceronte y un cerdo,



lo que le situaba mucho más alejado de los animales vivientes que cualquier otro fósil por él estudiado hasta el momento (fig. 3.6)[142]. Lo que es más, tras haber discutido(21)

inicialmente los fósiles de Montmartre como si tuvieran más o menos la misma edad que los huesos encontrados entre las gravas, pasó a reconocer que debían ser mucho más antiguos, ya que los lechos de yeso formaban parte de una gruesa parte de estratos regulares que ocupaban una extensa área en torno a París. Fue en este momento cuando el trabajo de Cuvier, hasta entonces esencialmente anatómico, quedó firmemente vinculado a la principal corriente de investigación geológica contemporánea.

Fig. 3.6. Reconstrucción de Cuvier del *Palaeotherium* (esto es, «bestia antigua») procedente de los yesos de comienzos del Terciario de Montmartre, cerca de París. Este mamífero fósil, totalmente nuevo, que combinaba las características del tapir, el rinoceronte y el cerdo modernos, dio pie a Cuvier para inferir que en el transcurso del tiempo geológico había tenido lugar una sucesión de diferentes faunas fósiles, de las que la más antigua era, consecuentemente, la más alejada en carácter de las de los tiempos actuales.

El desarrollo de la estratigrafía, como llegó a ser denominada, se había centrado a finales del siglo XVIII en Turingia y Sajonia, donde los poderosos incentivos económicos de una poderosa industria minera habían favorecido la descripción detallada y la cartografía de la sucesión de estratos. Los propios estratos (pertenecientes en términos

modernos al período Permo-Triásico) resultaban de un carácter convenientemente distintivo; y los trabajos descriptivos clásicos de Lehmann y Füchsel a mediados del siglo XVIII, habían sentado un patrón para otras muchas monografías locales. En la medida en la que tales trabajos iban más allá de la descripción, entrando en las

interpretaciones teóricas, lo hacían en general en los términos leibnizianos de un océano que iba retirándose gradualmente. Tal concepto de la historia de la Tierra resultaba moderadamente acorde con las observaciones de que las rocas más antiguas formaban en general las montañas más altas, los estratos fosilíferos, las colinas de altura intermedia y los depósitos más recientes y sin consolidar de las tierras bajas(22). Éste fue el esquema adoptado naturalmente por Abraham Werner (1749-1817) cuando, en el año en que Buffon publicó su *Epochs of Nature*, añadió un curso de geología a aquellos que ya daba sobre mineralogía en la Gran Escuela de Minas de Freiberg. Las rocas debían clasificarse primeramente por su período de origen, aunque cada «formación» podía ser descrita en términos de su composición mineralógica, su posición topográfica y su contenido en fósiles[143]. No obstante, los fósiles no recibieron una especial atención por parte de la mayoría de los distinguidos geólogos influenciados por las brillantes enseñanzas de Werner, ya que la posición y la litología les parecían guías más fiables.

No obstante, se habían producido grandes avances a principios de siglo en la recopilación de sucesiones estratigráficas y en su correlación entre áreas diferentes. Así, la greda(23), por ejemplo, formaba un «horizonte-marca» convenientemente distintivo y ampliamente distribuido, para señalar el límite superior de los *Flötzgebirge* o estratos

«Secundarios» a todo lo largo de Europa occidental. Lo que es más, los contenidos fósiles de cada formación empezaban a ser sometidos a un estudio cada vez más detallado: por ejemplo, Faujas produjo una magnífica monografía acerca de los procedentes de la greda de Maestricht, haciendo hincapié en el valor potencial de tales estudios locales para una mejor comprensión de la historia de la vida[144]. Del mismo modo, se había reconocido que los estratos que rodeaban París, si bien estaban estratificados regularmente, eran más jóvenes que la greda; y eran, comúnmente, correlacionados con los estratos «Terciarios» de las colinas Subapeninas de Italia. La tranquila deposición de estos estratos era claramente anterior a la excavación de los valles actuales que, a su vez, contenían las gravas portadoras de huesos fósiles que eran testigos de la revolución más reciente.

Así, Cuvier debió tomar consciencia, tal vez gracias a su colega geólogo Faujas, de que su extraña «bestia primigenia» (*Palaeotherium*) era mucho más vieja que su fauna de mamuts y rinocerontes; mientras que a su vez, los fósiles de Montmartre eran recientes en comparación con el gigantesco animal cocodriliano que el propio Faujas había descrito tras su hallazgo en las gredas (fig. 3.7). En su discurso ante el Instituto en 1801, Cuvier pudo, por consiguiente, decir que «el resultado más notable y asombroso» de su investigación era que «cuanto más antiguos son los lechos en los que aparecen estos huesos, tanto más difieren éstos de los de los animales que conocemos hoy en día». Por sí misma, esta idea de una aproximación gradual a la fauna presente era más un lugar común en la geología de lo que Cuvier parecía creer: por ejemplo, se sabía que los fósiles como los ammonites y los belemnites que, en general, se sospechaba que estaban

extintos, estaban confinados a los estratos Secundarios, mientras que los estratos Terciarios se caracterizaban por la presencia de moluscos (como los que describía Lamarck procedentes del área de París) similares, a grandes rasgos, a los de los mares de nuestros días. No obstante, a la vista de la incertidumbre existente en relación con la posible supervivencia de los invertebrados marinos aparentemente extintos, Cuvier tenía motivos justificados para considerar los resultados de sus investigaciones acerca de los cuadrúpedos terrestres un nuevo avance del conocimiento, ya que establecían, con mucha mayor certidumbre, el principio del cambio en la fauna.

Al mismo tiempo, el reconocimiento por parte de Cuvier de este principio planteaba el ulterior problema de las causas de estos cambios. Pronto se hizo evidente que en las rocas de Montmartre se hallaban representantes de toda una fauna extinta, comparable en su diversidad a la fauna extinta de las gravas superficiales. Si esta fauna había sido destruida por alguna revolución anterior, similar a aquella que había aniquilado a los mamuts, las claves de ese acontecimiento deberían hallarse, sin duda, por medio de un estudio más detallado de los estratos parisinos. Para llevar a cabo este trabajo, Cuvier se unió a su amigo y coetáneo Alexandre Brongniart (1770-1847) en una serie de recorridos a través de la región que rodeaba París, lo que les permitió describir el contexto estratigráfico en el que se encontraban los fósiles de Cuvier. Superficialmente, su *Essay on the mineral geography of the Paris region* (1808) **[145]**, con su descripción sin adornos de los sucesivos estratos desde las gredas hacia arriba, parece diferir en poca cosa de otras monografías estratigráficas del período (el término «geografía mineral», al igual que el término «geognosia» utilizado por Werner, era utilizado para implicar una descripción *de*

facto(24) de las rocas, por contraposición a las implicaciones más interpretativas del término «geología»). Pero su memoria incorporaba dos innovaciones de gran importancia.

Distinguían siete formaciones principales por encima de la greda, fácilmente separables las unas de las otras por su litologia general. No obstante, incluso en el seno de una de éstas, la *Calcaire grossier* («caliza gruesa») de la que procedían la mayor parte de los fósiles de Lamarck, encontraron un orden de distancias superiores a los 120

kilómetros(25). Pudieron descubrir esta notable constancia tomando nota de la naturaleza precisa de las especies fósiles de cada estrato: era, según ellos, «un medio de reconocimiento que, hasta el momento, no nos ha engañado». Los fósiles de los estratos sucesivos no eran totalmente diferentes; pero aquellos que eran característicos de un estrato tendían a ser menos abundantes en el siguiente, siendo gradualmente reemplazados por una serie diferente de especies. Lo que habían descubierto, a todos los efectos, era que los fósiles podían utilizarse no sólo para caracterizar en términos generales toda una formación de estratos, sino también para identificar con mucho mayor detalle los estratos individuales en el seno de una formación.



Fig. 3.7. Descubrimiento de la mandíbula de un gigantesco reptil fósil en unas excavaciones en Maestricht. Esta espectacular escena, tomada de la monografía de Faujas de St. Fond sobre los fósiles de las gredas de Maestricht (1799), compendia la expectación de la época por el descubrimiento y reconstrucción de espectaculares especies extintas. (Faujas creyó que se trataba de un cocodrilo; poco después, Cuvier demostró, gracias a la anatomía comparada, que tenía más afinidades con el lagarto, y lo llamó mosasaurio).

En un sentido más general, se sabía ya que las formaciones sucesivas podían ser caracterizadas, a grandes rasgos, por su contenido en fósiles. Por ejemplo, la magnífica monografía de Freiesleben acerca de la estratigrafía de Turingia (1807-15) mencionaba, como una cuestión sentada, el carácter general de los fósiles de formaciones como la *Muschelkalk* junto con su litología, y citaba las monografías apropiadas, en las que se podían encontrar referencias más detalladas de las especies[146].

En Inglaterra el ingeniero civil William Smith (1769-1839) —coetáneo casi exacto de Cuvier— había señalado independientemente, varios años antes, que las formaciones Secundarias sucesivas en Inglaterra se caracterizaban por las diferentes especies de fósiles de invertebrados[147]. No obstante, su falta de educación, su posición social relativamente baja y su falta de tiempo libre le habían impedido publicar sus vastos conocimientos empíricos sobre estas materias, de un modo que hubiera permitido a la comunidad científica internacional juzgar su valor. Es posible que Cuvier y Brongniart llegaran a ver una breve reseña del trabajo de Smith; pero, aunque así fuera, habrían considerado que su propio trabajo confirmaba el principio de la correlación por los fósiles de los estratos Terciarios, con la misma precisión y detalle con las que Smith lo había demostrado en el caso de los estratos Secundarios. Posteriormente se desarrolló una disputa acerca de las prioridades, con connotaciones nacionalistas entre los estratígrafos franceses e ingleses; pero cualesquiera fueran las prioridades, el hecho es que en los años posteriores a la publicación de la memoria de Cuvier y Brongniart, se prestó mucha más atención a los contenidos en fósiles de los estratos individuales, ya

que la correlación por medio de los fósiles resultó ser un principio de gran valor práctico. Con todo, seguía siendo un principio esencialmente *empírico*; y dado que un enfoque más biológico de los fósiles tendía, al mismo tiempo, a destacar las implicaciones ecológicas de las faunas características, hubo tema de discusión acerca de la extensión en la cual podían considerarse los fósiles como característicos de las edades relativas de los estratos.

Fue este enfoque más biológico el que otorgó al trabajo de Cuvier y Brongniart su segundo rasgo importante. Utilizando el principio actualista de la comparación con el presente, demostraron que las formaciones Terciarias que rodeaban París, presentaban una alternativa entre condiciones de agua dulce y agua marina. Mientras que algunas de las formaciones contenían moluscos de géneros que hoy sólo existen en el mar, otras contenían exclusivamente géneros de

hábitats de agua dulce. El significado inmediato de esta conclusión, fue que sembró dudas en el modelo «direccional» convencional de la historia de la Tierra, que visualizaba la emergencia gradual de los continentes de debajo de unos océanos en progresiva retirada. Sugería en su lugar algún tipo de alternancia rítmica, o cíclica, de presión y elevación de las áreas continentales, y, por lo tanto, fue correctamente interpretada como una posible confirmación del tipo de historia de la Tierra en estado de equilibrio (esto es, no direccional) que Hutton había propuesto un tanto más especulativamente.

No obstante, Cuvier y Brongniart no se adhirieron a la posición de Hutton de que tales movimientos debieron ser insensiblemente graduales. (De hecho, Hutton tan sólo había subrayado la *erosión* gradual de los continentes, lo que resultaba esencial para el sabio designio del sistema que defendía; y dejó la naturaleza de la *elevación* de los continentes tan poco clara que uno de sus seguidores, John Playfair, podía argumentar en favor de su carácter gradual, mientras otro, Sir James Hall, era de la opinión de que una elevación súbita era igualmente consistente con las intenciones básicas de Hutton [148]). Cuvier pensaba que disponía de buena evidencia de que la revolución más reciente había sido una incursión repentina del mar, de larga duración, seguida por la emergencia, una vez más, de los actuales continentes. Debido a que era relativamente reciente, había dejado trazas muy claras, y era la más fácil de interpretar, y por consiguiente, podía utilizarse, correctamente, como ejemplo paradigmático de tales acontecimientos. Dado que las superficies de unión entre los estratos marinos y los de agua dulce en la «depresión» de París eran bastante abruptas, es natural que Cuvier llegara a la conclusión de que eran representantes de otros cambios repentinos producidos en un período anterior. Del mismo modo, dado que sólo un cambio repentino en el medio ambiente podía, en su opinión, haber sido responsable de la extinción de la fauna más recientemente desaparecida, la extinción de la fauna anterior, preservada en los estratos de agua dulce de Montmartre, debió haber sido causada por

un acontecimiento repentino similar. Así pues, el descubrimiento de una alternancia de formaciones marinas y de agua dulce, parecía constituir una notable evidencia en favor de la idea de que la historia de la Tierra se había visto puntuada por cambios repentinos en la geografía física, siendo cada incursión de los mares adecuada para explicar la extinción de una fauna terrestre.

Esta conclusión no sólo estaba justificada metodológicamente —dado que utilizaba el ejemplo más reciente para clarificar el más antiguo y oscuro—, sino que también tuvo el gran mérito de someter a estas

revoluciones al sistema «newtoniano» de leyes naturales inmutables. Por oscura que pudiera resultar la causa de las revoluciones, su repetición implicaba que formaban parte del acontecer normal de la naturaleza. Es importante señalar que Cuvier no se vio obligado a adoptar este concepto de revoluciones repetidas porque tuviera que comprimir los acontecimientos geológicos en una escala temporal inadecuada. Como hemos visto, estaba dispuesto a estimar la edad de los fósiles de Montmartre en millones de años; y en la memoria que escribió conjuntamente con Brongniart puso especial énfasis en que la secuencia ordenada y uniforme de estratos, y su gran grosor total, implicaban claramente períodos extremadamente largos de deposición tranquila. Sólo con intervalos muy infrecuentes, estos procesos graduales, esencialmente similares a los que ocurren en los mares y lagos de nuestros días se habían visto interrumpidos por cambios repentinos.

Lo que es más, Cuvier no visualizaba que estos cambios repentinos hubieran sido globales en su efecto: por el contrario, pensaba que sólo habían afectado a un área continental cada vez. Esto le era sugerido en parte por el hecho de que la fauna de Montmartre parecía presentar una mayor afinidad zoológica con las faunas actuales de América y Australia —en la medida en la que se asemejaba en algo a alguna fauna viviente. Esto le suministró una hipótesis para la repoblación de cada nueva masa terrestre emergente, que habría recibido su población por migración de otro continente no afectado por esa revolución en particular.

VIII

Todas estas ideas quedaron integradas, y fueron desarrolladas aún más en el *Preliminaire Discourse* que Cuvier escribió como introducción a su *Researches on the fossil bones of quadrupeds* (1812)[149]. Tres de los cuatro volúmenes de esta obra consistían en nuevas versiones de las monografías que había publicado, a lo largo del año anterior, en los *Annals of the Museum* acerca de la osteología de diversas especies fósiles, y de especies vivientes con ellas relacionadas de vertebrados tetrápodos. El primer volumen contenía además del *Discourse*, una versión muy ampliada de su memoria estratigráfica conjunta con Brongniart, acompañada de algunas magníficas secciones y un mapa

geológico; y toda la obra fue dedicada, significativamente, al astrónomo Laplace, cuya *Celestial Mechanics* newtoniana pretendía, claramente, emular Cuvier con su propio trabajo en el terreno de la historia terrestre.

El ensayo geológico atractivamente escrito con el que empezaba la obra, fue inmediatamente reconocido como un trabajo de la mayor importancia. Posteriormente fue editado por separado como *Discourse on the revolutions on the surface of the globe*, que fue reeditado varias veces y traducido a las principales lenguas europeas. De este modo, la teoría geológica de Cuvier, que muchos años más tarde recibió el nombre equívoco de «catastrofismo», llegó a ser ampliamente conocida y ejerció una gran influencia entre el público en general, además de entre los hombres de ciencia. El propio Cuvier rara vez utilizaba el término «catástrofe», ya que sus connotaciones de desastre resultaban en gran medida extrañas a su concepción de estos acontecimientos naturales y regulares.

Prefería el término «revoluciones» con su regusto más newtoniano. Del mismo modo, aunque el editor de las ediciones inglesas, el geólogo escocés Robert Jameson (1774-1854) tituló el trabajo *Theory of the Earth*, el propio Cuvier siempre evitó estas palabras, debido a sus asociaciones con los anteriores sistemas especulativos que tanto deploraba.

En esencia, el *Preliminaire Discourse* unió las ideas que Cuvier había ya sugerido, amalgamándolas en forma de una teoría coherente. En el seno de una escala temporal inmensamente larga para la historia de la Tierra, las condiciones generalmente tranquilas, similares a las observables hoy en día, se habían visto ocasionalmente interrumpidas

por grandes y repentinos cambios en la geografía física. Gran parte del ensayo estaba dedicado a demostrar que estas revoluciones debieron ser repentinas, y que no había ningún proceso observable que pudiera explicarlas. No se trataba de una inversión del método del actualismo, sino meramente un reconocimiento de que

«desafortunadamente… ninguno de los agentes que (la naturaleza) emplea hoy en día hubiera sido suficiente para producir los mismos efectos que en la antigüedad». Sin duda alguna, esto no implicaba que la causa de las revoluciones fuera incognoscible, y menos aun sobrenatural. Cuvier dudaba que resultara fácil descubrir la causa, pero sugería que, mientras tanto, «el problema geológico más importante» consistía en determinar el carácter exacto de estos acontecimientos, de forma que al menos la naturaleza de su causa pudiera ser circunscrita de un modo más preciso.

Dados estos acontecimientos repentinos, la extinción de especies animales funcionalmente bien adaptadas, quedaba satisfactoriamente explicada. El problema del origen de cada nueva fauna fue interpretado en términos de migración intercontinental.

Cuvier negó de modo específico que fuera necesario postular la creación de nuevas especies, utilizando la analogía de la fauna marsupial presente hoy en día en Australia, precisamente para hacer hincapié en este punto. Si una futura revolución hubiera de

sumergir Australia, destruyendo su fauna y si posteriormente volviera a emerger para ser repoblada por la migración de mamíferos placentarios procedentes de Asia, una hipotética generación futura de naturalistas *no* estaría en lo cierto si infiriera que la nueva fauna había sido especialmente creada para sustituir a los extintos marsupiales.

En cierto modo, por supuesto, este mecanismo explicativo se limitaba a remontar el problema del origen de las especies aún más atrás en el tiempo geológico; pero para Cuvier lo importante era que sobre esta cuestión la ciencia carecía de evidencias y, por consiguiente, no tenía derecho a especular sobre ella. Negaba, sobre la base ya descrita, que la hipótesis de la evolución de Lamarck tuviera validez alguna: por encima de todo, si fuera correcta, «deberían encontrarse algunos restos de estas modificaciones graduales», y no había sido así; y lo que es más, los animales momificados procedentes de Egipto suministraban una prueba actualista que demostraba que no se había producido ninguna modificación perceptible en los últimos milenios. Lamarck sólo había estado dispuesto a conceder la realidad de la extinción como acontecimiento excepcional, debido a la reciente influencia del

hombre; y por ello, Cuvier estaba particularmente interesado en mostrar que el surgimiento de la civilización era posterior incluso a la más reciente revolución. Dado que existía una llamativa ausencia de trazas humanas en los restos de ese acontecimiento, de haber existido hombres anteriormente debió ser en un punto muy localizado, y debían ser excesivamente primitivos como para ser responsables de la extinción de toda una fauna de grandes mamíferos. Así, desde el punto de vista de Cuvier, estas extinciones masivas quedaban establecidas como acontecimientos que constituían un rasgo regular y *natural* de la historia de la Tierra.

IX

Cuando Robert Jameson editó la traducción al inglés de los trabajos de Cuvier[150] no sólo cambió el título, sino también su contenido. Añadió largas notas del editor, que intentaban señalar de qué modo la revolución más reciente de Cuvier podía identificarse con el Diluvio de las Escrituras, confirmando así la historicidad de ese acontecimiento a partir de una evidencia científica de la mayor respetabilidad. Dado que la mayor parte de los hombres de ciencia británicos (y la mayor parte de los historiadores de la ciencia angloparlantes hasta nuestros días) conocieron la teoría de las revoluciones a través de las ediciones de Jameson, no resulta sorprendente que supusieran que Cuvier respaldaba razonamientos que, de hecho, preocupaban mucho más en Gran Bretaña de lo que jamás lo hicieron en el continente. Cuvier era un prominente miembro seglar de la comunidad protestante francesa, y no hay motivo para poner en duda la sinceridad de sus creencias religiosas personales; pero era también hijo de la Ilustración, y consideraba que la ciencia y la religión no debían

interferir la una con la otra, sino que, por el bien de ambas, deberían mantenerse separadas. Todo intento de respaldar las verdades de la religión con los hallazgos de la ciencia era, en su opinión, una empresa fútil y equivocada[151]. Así, pues, sus teorías no le debían nada, al menos a nivel consciente, al deseo de hacer que su ciencia fuera conforme a las Escrituras.

Es cierto que Cuvier mencionó el Pentateuco en el *Preliminary Discourse*, y que no veía razón por la que no se debiera atribuir al propio Moisés. No obstante, evidentemente aceptaba los hallazgos de los nuevos críticos de la Biblia, dado que citaba al orientalista alemán Eichhorn en lo que se refiere a la fecha en la que el Pentateuco había alcanzado «su forma actual». Aun más significativo resulta el hecho de que entre unas quince páginas dedicadas a los antiguos registros, su discusión del Antiguo Testamento ocupara tan sólo una. De hecho, utilizó el Pentateuco como una entre muchas obras literarias antiguas que sugerían la escasa antigüedad de la civilización. Moisés, «el legislador de los judíos», era citado simplemente porque es probable que conociera, y utilizara, cualquier registro egipcio de mayor antigüedad, si tales tradiciones habían sido de uso corriente en su época. A todo lo largo de esta sección de sus razonamientos, el objetivo de Cuvier era demostrar que las extinciones no podían ser atribuidas al hombre y sus actividades, como suponía Lamarck, sino

que formaban parte del curso normal de los acontecimientos naturales; y esto ponía el énfasis en el reciente surgimiento de la civilización. Esto explica también por qué le interesaba tanto resaltar la *ausencia* de fósiles humanos en los restos de la última revolución y, de hecho, la ausencia de evidencia alguna de la coexistencia del hombre con la fauna extinta: porque esto ayudaba a demostrar que antes de la última revolución el hombre había sido demasiado primitivo y vivía en lugares excesivamente localizados para haber sido responsable de las extinciones. Si su intención hubiera sido promover la fe en la interpretación literal del Diluvio de las Escrituras, le hubiera preocupado mucho más explicar la ausencia de fósiles humanos.

No obstante, el trabajo de Cuvier, al ser importado a Gran Bretaña por Jameson, fue recibido con entusiasmo por aquellos que estaban ansiosos por encontrar respaldo para la autoridad de la religión[26] —y de ahí, apoyo también para el orden social— en la autoridad de la ciencia. El progreso de las ciencias físicas había suministrado

«argumentos de diseño» sustanciales para la teología natural del siglo XVIII; pero la correspondiente devaluación de la teología evidencial al parecer sólo había servido para fortalecer el deísmo y el insidioso escepticismo que había llevado a los excesos de la era revolucionaria francesa. Lo que hacía falta para poder restaurar la autoridad de la religión revelada, era alguna confirmación científica independiente de la fiabilidad de las Escrituras. Dado que la nueva ciencia de la geología, como el cristianismo, era esencialmente *histórica*, se encontraba claramente en una posición especial —tanto para

respaldar como para desacreditar. Éstos eran los motivos que subyacían al desarrollo de una nueva forma en la teoría diluviana en Gran Bretaña, ostensiblemente basada en la teoría de las revoluciones de Cuvier. Así, pues, la revolución más reciente de Cuvier fue bienvenida nada menos que como el Diluvio de las Escrituras. Era una forma *nueva* de teoría diluviana en la medida en la que estaba basada en un abanico mucho más amplio de evidencias científicas que la de De Luc. Pero recordaba a la de De Luc en que se aplicaba —contrariamente a la teoría aun anterior de Woodward— sólo a los depósitos superficiales, no a los estratos regulares; y podía combinarse con una escala temporal de extensión indefinida para el mundo antediluviano, y de hecho, esto era lo que hacían la mayor parte de los hombres de ciencia. La sombra de Ussher seguía activa entre los divulgadores de la ciencia y la religión en Inglaterra. Pero entre aquéllos que tenían pretensiones como hombres de ciencia, la barrera de la escala temporal de Ussher se había derrumbado hacía ya tiempo,

al menos en lo que se refiere a las épocas pre-humanas de la historia de la Tierra.

La transformación de la última revolución localizada de Cuvier en un Diluvio Universal único fue llevada a cabo, con la mayor autoridad científica, por William Buckland (1784-1856), lector(27) de Geología en Oxford, cuyas conferencias, populares y entretenidas, dieron a la teoría diluviana una inmensa influencia entre los geólogos ingleses. En su conferencia inaugural en 1819, Buckland sintió que era necesario defender la geología contra las acusaciones de que minaba la credibilidad de la revelación cristiana, y él argumentaba que, de hecho, respaldaba la religión al ofrecer evidencias científicas en favor del reciente origen del hombre y de un Diluvio Universal[152]. No obstante, aunque se apoyaba mucho en la autoridad científica de

«uno de los más ilustrados filósofos, y el mayor anatomo de esta o cualquiera era», su interpretación diluviana implicaba de hecho unas drásticas modificaciones *científicas* de la teoría de Cuvier, ya que necesitaba demostrar que el Diluvio había sido transitorio y universal, y no prolongado y localizado. A todos los efectos, Buckland no hacía más que sumarse a las intenciones de De Luc y actuaba por los mismos motivos; pero él intentaba mostrar que la evidencia científica apuntaba a un Diluvio aun más próximo a la narración literal de las Escrituras de lo que había sido el de De Luc.

No obstante, es de justicia añadir que poco después Buckland creyó haber encontrado evidencias científicas en favor de esta interpretación. En 1821 se descubrió en Yorkshire una cueva con un rico depósito de fragmentos de huesos. Buckland utilizó la anatomía comparada de Cuvier para demostrar que los animales allí representados eran especies extintas; y seguidamente demostró —tras observar los hábitos de una hiena en el zoo de Exeter— que los huesos habían sido roídos por hienas y que la cueva había sido una madriguera de éstas. A partir de aquí infirió, de modo bastante razonable, que el área había sido tierra *antes* de cualquiera que fuera el acontecimiento



que había aniquilado la especie extinta, así como también posteriormente; y esto implicaba que la revolución más reciente *no* había sido un intercambio general en las posiciones de los continentes y los océanos, como había sugerido Cuvier (siguiendo los pasos de De Luc), sino un acontecimiento más transitorio, que había dejado en sus posiciones actuales los continentes, con tan sólo algunos cambios superficiales (fig. 3.8).

Buckland estaba en lo cierto al citar al huttoniano Sir James Hall, en apoyo de esta interpretación de los depósitos «diluvianos» como residuos de alguna gigantesca ola de marea **[153]** .

Fig. 3.8. Una de las ilustraciones de Buckland (1823) de un yacimiento en una cueva, muestra los huesos dispersos en un depósito cerrado con una capa de estalagmitas (C). Buckland afirmó que muchas cuevas como ésta habían sido las guaridas de especies extintas de hienas, y que una ola momentánea de la marea «diluvial»

ocasionó la extinción de la hiena y de las especies que habían sido sus víctimas.

Hasta aquí el trabajo de Buckland había sido ampliamente admirado, y le había hecho acreedor a la Copley Medal de la Royal Society. Pero cuando en su *Relix of the Deluge* (1823) pasó a defender el carácter universal de este acontecimiento, hubo de enfrentarse con muchas más críticas, ya que, según la mayor parte de los observadores, los depósitos diluvianos parecían confinados a las latitudes elevadas

(como de hecho ocurre, en términos modernos con los depósitos glaciares), y no había evidencia alguna de que tuvieran la misma edad en todas las áreas[154]. Cuando finalmente, Buckland utilizó informes acerca del hallazgo de huesos a grandes altitudes en los Andes y el Himalaya, como prueba de que el Diluvio no se había visto confinado a las tierras bajas

como creía Cuvier, sino que había sido lo suficientemente profundo como para cubrir hasta las montañas más elevadas, se produjo una extendida y justificada sensación de que la ciencia había sido manipulada para que fuera conforme a las Escrituras —y que a su vez las Escrituras habían sido también manipuladas para que fueran conforme a lo que Buckland consideraba ciencia. Este sentimiento fue resumido brillantemente por John Fleming (1785-1857), un naturalista escocés y ministro presbiteriano cuando, en el transcurso de un extenso debate en los periódicos científicos, escribió un artículo en el que afirmaba: «El Diluvio geológico, tal y como ha sido interpretado por el barón Cuvier y el profesor Buckland, resulta inconsistente con el testimonio de Moisés *y* con los Fenómenos de la Naturaleza» (la cursiva es mía)[155].

El que Fleming emparejara a Cuvier y a Buckland en su condena, puede, aparentemente, invalidar la distinción que acabamos de establecer entre ambos. De hecho, esto obedeció a que utilizó una de las ediciones en inglés del trabajo de Cuvier editado por Jameson que, como hemos visto, lo interpretaba en sus notas editoriales en términos mucho más diluvianos que los que Cuvier habría aceptado. En lo que se refiere al aspecto religioso, Cuvier probablemente habría estado de acuerdo con Fleming en que la «indiscreta unión de la geología y la revelación» por parte de Buckland, merecía la censura de Francis Bacon como « *Philosophia phantastica, Religio haeretica*», y que la verdadera religión podía permitirse rechazar «auxiliares tan descreídos» como, según Fleming, la ciencia de Buckland. Fleming opinaba que era

«descreída» porque era patentemente falsa, incluso en términos puramente científicos.

Las conclusiones de Buckland simplemente no se correspondían ni siquiera con las evidencias por él aportadas, y menos aún con otros hechos que, en opinión de Fleming, debería haber mencionado.

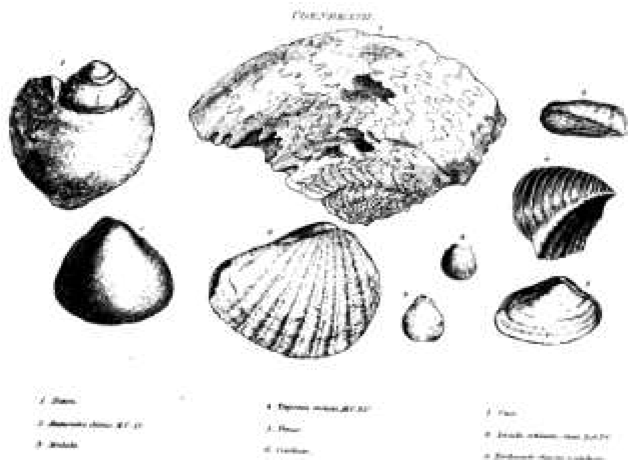
Las críticas de Fleming al Diluvio de Buckland fueron de hecho tan radicales, que tendieron a minar incluso el concepto cuveriano de las revoluciones; pero Fleming fue atípico en la agresividad de su ataque,

y para la mayor parte de los hombres de ciencia, la sustancia del trabajo de Buckland resultaba difícil de condenar. Desde luego sugería que la última revolución, y por consiguiente, probablemente también las anteriores, habían sido debidas a algún tipo de violenta ola de marea que habría barrido brevemente los continentes, aniquilando la fauna terrestre, excavando los valles, y depositando los extraños depósitos superficiales de grandes rocas calizas, además de las gravas de los valles. Hoy, que gozamos del beneficio de ulteriores investigaciones, podemos ver hasta qué punto era natural interpretar todas las manifestaciones del período glacial en estos términos, ya que, en efecto, carecían de relación causal respecto al paisaje actual, y no había motivos para sospechar la intervención de los glaciares. El concepto de Buckland de que la última revolución había sido una ola de marea transitoria, podía ser aceptado y, de hecho lo fue, y ampliamente, aunque sin acuerdo

acerca de sus razonamientos mucho más cuestionables sobre su universalidad. Así, pues, el propio Cuvier parecía darle la bienvenida, sin abandonar su propia perspectiva de que las revoluciones no eran más que acontecimientos locales. Había animado a los geólogos a intentar definir la *naturaleza* de las revoluciones de un modo más preciso, para poder circunscribir su posible *causa*; y esto era exactamente lo que Buckland había intentado hacer. Buckland no intentó sugerir causa alguna para su diluvio. No obstante, al igual que en el caso de Cuvier, esto no obedecía a que en su opinión la causa fuera incognoscible: por el contrario, afirmaba que tanto él como otros autores «no habían mostrado *aún* cuál era la causa física que lo había producido» (el subrayado es mío); y posteriormente, planeó escribir una secuela de las *Relix*, que habría estado dedicada a una discusión de la causa física (el segundo volumen nunca fue escrito, ya que acabó convenciéndose de que la causa había sido glacial y no acuosa: en efecto, se había producido una revolución, pero no había sido un diluvio).

X

Otra forma prometedora de definir la naturaleza de las revoluciones de un modo más preciso, y por consiguiente, de circunscribir de modo más estrecho su causa, consistía en establecer su posición en la escala temporal geológica. Como señalaba Cuvier, una de las necesidades más urgentes de la geología era lograr una estratigrafía más precisa y fiable. Aparte del incentivo que suponía su autoridad científica, y el ejemplo de sus trabajos y los de Brongniart, el rápido desarrollo de los estudios estratigráficos se vio grandemente favorecido por la pacificación final de Europa en 1815. Los viajes científicos volvieron a ser posibles sin que hubiera restricciones políticas, y los contactos entre los hombres de ciencia de diferentes países florecieron como nunca. De este modo, pudieron realizarse comparaciones internacionales de estratos con mucha mayor fiabilidad. Al mismo tiempo, este trabajo se vio facilitado por la creciente utilización de mapas geológicos. Aunque en Francia se venían utilizando mapas geológicos de diferentes tipos desde hacía muchos años (por ejemplo, Lavoisier había formado parte del equipo de prospección estatal de recursos minerales antes de la Revolución), el mapa de la región de París de Cuvier y Brongniart (1811) se convirtió en el modelo de todas las memorias estratigráficas locales de los años siguientes: Freiesleben, por ejemplo, incluía un magnífico mapa en el último volumen (1815) de su estratigrafía de Turingia. Ese mismo año, William Smith pudo por fin publicar su enorme mapa de Inglaterra y Gales, que cubría una superficie mayor que cualquier otro mapa anteriormente publicado; y la subsiguiente publicación de sus dibujos sobre las características fosilíferas de cada formación sirvió para atraer la atención hacia el valor empírico de los fósiles en la correlación (fig. 3.9) **[156]**. La sucesión de las comparaciones estratigráficas en diferentes países, tendía a subrayar la recurrencia incluso de los tipos



más distintivos de rocas, con lo que este anterior criterio para la correlación fue cada vez más complementado por la utilización de fósiles.

Al mismo tiempo, el otro criterio anterior, el de la posición topográfica, resultó irreconciliable con la utilización de los fósiles para este fin. Brongniart, por ejemplo, mostraba en una memoria, *On the zoological characters of formations* (1821), que los fósiles distintivos de las gredas podían encontrarse en un afloramiento de piedra caliza dura y negra a más de dos mil metros por encima del nivel del mar en los Alpes de Saboya; y en una segunda memoria dos años posterior, mostró que la fauna Terciaria de la región de París podía también encontrarse a grandes altitudes en los Alpes Vicentinos [157] .

Estos resultados fueron de una gran importancia teórica, no sólo porque implicaban que los fósiles, y no la litología o la altitud, debían ser el fundamental criterio para la correlación, sino también porque quedó claro que no todas las montañas databan de los períodos más remotos de la historia de la Tierra. Incluso cadenas montañosas como los Alpes habían surgido, evidentemente, en una época comparativamente reciente, concretamente posterior al período de deposición de los estratos Terciarios que rodeaban París.

Fig. 3.9. Una de las ilustraciones de Smith de los fósiles característicos de una formación particular en los estratos secundarios ingleses (1819). A pesar de que el Cornbrash (en términos modernos, el período Jurásico) alcanza escasamente unos pocos metros de grosor, Smith consiguió, mediante el empleo de sus fósiles, seguir su

afloramiento en Inglaterra con extraordinaria precisión. Apréciese la incorrecta identificación y los (en algunos casos) fragmentarios especímenes; Smith estaba más interesado en el éxito empírico del empleo de los fósiles en estratigrafía que en su significado biológico. Cada grupo de dibujos estaba impreso en papel coloreado, que se correspondía con el color empleado por Smith para la formación en el mapa geológico (1815).

No es sorprendente que estos notables resultados fueran integrados en la teoría de Cuvier de las revoluciones ocasionales y repentinas. La creciente atención que se prestaba a los fósiles en la estratigrafía llevó al descubrimiento de grandes discontinuidades en la fauna de muchas de las principales formaciones —por ejemplo, entre la greda y los estratos Terciarios. Parecía, pues, que las faunas marinas, así como las faunas de vertebrados terrestres reconstruidas por Cuvier, se habían visto afectadas, en efecto, por algún tipo de revolución. Dado que estas discontinuidades en la fauna parecían puntuar el registro fósil hasta donde los conocimientos del momento se remontaban, este dato parecía confirmar el concepto de Cuvier de que las revoluciones ocasionales constituían eventos naturales dentro de la historia de la Tierra. Lo que es más, la demostración por parte de Brongniart de que los Alpes eran relativamente recientes, sugería un posible mecanismo para estas revoluciones. No resultaba fácilmente concebible que la elevación de las cadenas montañosas, con las asombrosas contorsiones de estratos que suponían de modo manifiesto, pudiera haber ocurrido por un proceso gradual de ningún tipo. Si, por el contrario, había ocurrido de modo abrupto, por la liberación súbita de tensiones internas de la corteza terrestre, podría tener unos profundos efectos sobre el medio ambiente de los organismos de la superficie. Incluso un fenómeno sísmico geológicamente poco significativo, como el famoso terremoto de Lisboa de 1755, era capaz de producir una ola de marea de efectos catastróficos en áreas muy distantes; por lo tanto, en esta analogía actualista la alteración infinitamente mayor producida por la elevación de una cadena montañosa, pudo haber tenido efectos drásticos a una escala casi global.

Ésta fue la teoría desarrollada por uno de los más brillantes discípulos geólogos de Cuvier, Léonce Élie de Beaumont (1798-1874). A partir de un estudio detallado de áreas de plegamientos rocosos en toda Europa, demostró que se habían producido episodios orogénicos en muchos períodos diferentes de la historia de la Tierra. Cada episodio podía ser fechado, con ayuda de las últimas investigaciones estratigráficas, tomando nota de las edades de los estratos más jóvenes pertenecientes

al plegamiento, y de los estratos más antiguos, que los cubrían en un estado inalterado: entre estos dos períodos debieron elevarse las montañas. Pero después pareció que estos episodios de elevación de montañas coincidían con las principales discontinuidades en la fauna entre una formación y otra: por ejemplo, los Pirineos parecían haberse formado entre el período de las gredas y comienzos del Terciario. Esto implicaba que la repentina elevación de cadenas montañosas podía haber sido la causa inmediata de las revoluciones, que habían producido una extinción masiva tanto de organismos marinos como terrestres.

En cuanto a la causa de la orogénesis, Élie de Beaumont creía que una explicación razonable era la liberación de tensiones internas, entre otras cosas porque las cadenas

montañosas surgidas en un momento dado parecían tener una tendencia característica, como cabría esperar desde un punto de vista mecánico si la corteza se había plegado bajo tensiones que actuaban en una dirección específica. *Researches on some revolutions of the globe* (1829-30) [158] , de Élie de Beaumont, tuvo una recepción entusiasta, ya que esta obra parecía sintetizar varios problemas hasta el momento no relacionados en un todo coherente, culminando casi las esperanzas de Cuvier de descubrir la causa física de las revoluciones. Aunque el tratamiento excesivamente geométrico de las direcciones de los sistemas montañosos fue rápidamente criticado, la teoría parecía, en efecto, ofrecer una explicación satisfactoria de la naturaleza aparentemente discontinua de la historia de la vida.

XI

No obstante, el desarrollo de la estatigrafía y la paleontología cuveriana habían ido dando forma mientras tanto a un nuevo concepto de la historia de la vida, no sólo como algo puntuado por discontinuidades ocasionales, sino también, en algún sentido, *progresivo*. Como hemos visto, Cuvier era contrario a la idea de una única escala del ser por motivos filosóficos, pero era también de la opinión de que esta idea podía ser refutada empíricamente por medio de comparaciones anatómicas. Mantenía que el reino animal era divisible en cuatro grandes «ramas» (*embranchements*): dentro de cada una de las ramas podían realizarse comparaciones anatómicas, y de hecho, resultaban fructíferas, pero no existía comparación válida entre ellas (por ejemplo, entre vertebrados y moluscos). Esto descartaba la disposición de todos los animales en un orden único y serial; pero los animales *pertenecientes* a cualquiera de las ramas podían disponerse en un orden que reflejaría algún tipo de «escala» genuina. Así pues, dentro de los vertebrados, Cuvier distinguía cuatro clases desde los mamíferos hasta los peces, y en los moluscos, otras cuatro clases, que iban de los cefalópodos a los «acéfalos» (es decir, a grandes rasgos, bivalvos) [159] . Este tipo limitado de escala era el que parecía verse reflejado, al menos en el caso de los vertebrados, en la secuencia del registro fósil.

La mayor parte de los vertebrados reconstruidos en *Researches on fossil bones* eran mamíferos procedentes de gravas fluviales y otros depósitos superficiales. La mayor parte de éstos pertenecían a géneros conocidos aunque sus especies no lo fueran. (Por ejemplo, el mamut). Después de éstos, los más abundantes eran los procedentes de los estratos Terciarios de Montmartre, fundamentalmente mamíferos. Aunque había unos cuantos reptiles y peces, e incluso un ave. La mayor parte de los géneros presentes (por ejemplo, *Palaeotherium*) eran totalmente desconocidos entre los animales vivientes. No obstante, aparte de los huesos de unos cuantos mamíferos marinos —focas y vacas marinas— en el *Calcaire grossier* subyacente, no se habían encontrado restos de mamífero alguno en estratos anteriores. Cuvier había demostrado, en el caso de las

formaciones Secundarias, que el gigantesco cocodrilo de Faujas procedente de las gredas era, de hecho, un enorme «saurio» marino reptiliano similar a un lagarto (posteriormente denominado mosasaurio); había demostrado que un fósil con aspecto de ave procedente de Baviera era un reptil volador (« *ptero-dactyle*»); y

conocía de la existencia de otro reptil similar a un lagarto procedente de los estratos mucho más antiguos (Pérmicos) de Turingia. En el *Preliminary Discourse*, por consiguiente, afirmaba con convicción, como una de las «leyes» definidas por sus investigaciones, que «es seguro que los cuadrúpedos ovíparos aparecieron mucho antes que los vivíparos». Los vertebrados «inferiores» habían aparecido antes que los que estaban más «arriba» de la escala. Y, aunque el propio Cuvier evitaba el uso de tales términos debido a su asociación con un concepto más amplio de una escala de seres, había reconocido y respaldado implícitamente la interpretación del registro fósil en estos términos

«progresivos», o al menos direccionales.

Ésta fue una interpretación que recibió un apoyo acumulativo a lo largo de los años siguientes. Los fósiles secundarios que Cuvier había identificado, de modo tentativo, como restos de cocodrilos extintos, resultaron ser otro nuevo reptil marino parecido a un pez, posteriormente denominado ictiosaurio. El pastor-geólogo William Conybeare (1787-1856), emulando los métodos de Cuvier, reconstruyó otro extraño reptil marino (el plesiosaurio) hallado en rocas Secundarias inglesas (fig. 3.10). Otro geólogo inglés aficionado, el médico Gideon Mantell, descubrió poco después en Sussex algunos dientes fósiles, que Cuvier sugería habrían pertenecido a un reptil herbívoro desconocido que, posteriormente, resultó ser el primer reptil *terrestre* procedente de estratos Secundarios, el enorme *Iguanodon*, un dinosaurio. A partir de estos descubrimientos, surgió la idea de que la era Secundaria había sido una época de faunas reptilianas abundantes y ecológicamente diversificadas, en la que los mamíferos habían brillado por su ausencia[160].

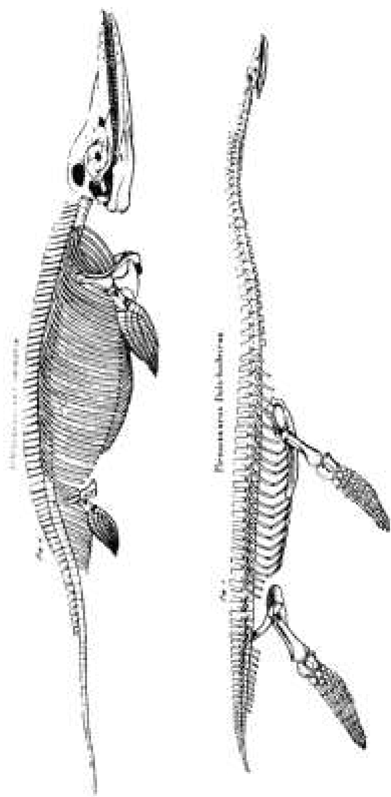


Fig. 3.10. Reconstrucciones de Conybeare (1824) de reptiles marinos fósiles *Ichthyosaurus* y *Plesiosaurus* del Lías (Jurásico) de Inglaterra. Consideró el descubrimiento del plesiosaurio como el del «eslabón» entre el ictiosaurio, anteriormente descubierto, los cocodrilos vivientes, pero tuvo mucho cuidado en señalar que este vínculo no era un signo de transmutación lamarckiana.

Incluso una aparente anomalía resultó respaldar de modo inesperado esta regla.

Uno de los pupilos de Buckland le entregó un espécimen de lo que parecía ser una mandíbula de mamífero, que había sido encontrada en estratos Secundarios en Stonesfield, en Oxfordshire. En una visita a Inglaterra, Cuvier confirmó que, efectivamente, pertenecía a un mamífero, pero que sus afinidades eran más próximas a un opossum que a un mamífero placentario. El descubrimiento de cualquier tipo de mamíferos en estratos secundarios resultó tan inesperado que se

efectuaron intentos por sembrar dudas acerca, tanto de su posición estratigráfica como de sus afinidades geológicas [161] . Con el tiempo, no obstante, se reconoció que no constituían una anomalía, sino una confirmación y un refinamiento del paralelismo entre el registro fósil y la «escala» de clases de vertebrados: porque el marsupial de Stonesfield había aparecido, como cabía esperarse con este modelo, *después* de los reptiles, pero *antes* de los mamíferos placentarios más «avanzados» (las investigaciones modernas han

mostrado que estos mamíferos del Jurásico eran incluso más primitivos que los marsupiales, pero esto no hubiera tenido efecto alguno sobre la conclusión a la que se llegó).

Este refinamiento del paralelismo entre categorías *en el seno* de una clase única, pareció verse confirmado por el ejemplo del hombre. Dado que era intrínsecamente del máximo interés, se realizó una búsqueda extremadamente minuciosa de restos fósiles de seres humanos; pero en todos los casos, los fósiles supuestamente humanos, resultaron ser, tras un estudio anatómico, no humanos, o no fósiles genuinos. Por ejemplo, Cuvier descubrió que el famoso «hombre testigo del Diluvio» de Scheuchzer no era más que un gran anfibio; y el único fósil humano que podía citar era un esqueleto, evidentemente reciente, procedente de arenas coralinas litificadas de Guadalupe. El hombre, como el más «excelso» de los mamíferos, parecía, pues, remontarse a un período mucho más reciente que los demás mamíferos placentarios (las evidencias de que el hombre primitivo había coexistido con la fauna «diluviana» extinta eran, normalmente, rechazadas) [162] .

Esta creciente impresión de que existía una *dirección* progresiva en la historia de la vida, se vio inesperadamente confirmada por los estudios de plantas fósiles. Los problemas técnicos planteados por el carácter fragmentario de los materiales, eran aún mayores en esta disciplina de lo que lo habían sido en el caso de los vertebrados, ya que las estructuras reproductivas en las que se basaba la clasificación de las plantas se preservaban muy rara vez en estado fósil, y los fragmentos de tallos y hojas preservados resultaban muy difíciles de identificar. Con todo, el naturalista alemán Ernst von Schlotheim (1764-1832), que había estudiado biología con Blumenbach y geología con Werner, fue un pionero en la aplicación de los métodos comparativos de Cuvier a la paleobotánica, reconstruyendo la flora fósil de algunos estratos Secundarios (en términos modernos, Carboníferos) en Turingia. En su *Contribution to the flora of the former world* (1804) [163] , reconocía que aunque sus plantas fósiles se parecían de modo general a los helechos arbóreos de las floras

tropicales vivientes, eran diferentes en detalle a cualquier especie conocida, por lo que llegó a la conclusión de que representaban una flora totalmente extinta —conclusión paralela a la de Cuvier en aproximadamente la misma fecha.

Este resultado se vio grandemente ampliado con posterioridad, tras el espectacular desarrollo de la estratigrafía en las primeras dos décadas del siglo, en el trabajo del hijo de Alexandre Brongniart, Adolphe (1801-1876). Su *Forerunner of a history of fossil plants* (1828) —la magnífica monografía de la que este trabajo era una introducción, jamás fue completada— resumía los resultados preliminares de su investigación de floras fósiles pertenecientes a fechas geológicas distintas [164] . Llegó a la conclusión de que podían

definirse cuatro períodos distintos en la historia de la vida de las plantas. Entre cada dos de estos períodos existían abruptas discontinuidades en la flora, pero en el seno de cada uno de ellos los cambios eran más graduales: esta conclusión era similar a la que había sido ya adoptada por estas fechas, en lo referente a la historia de la vida animal.

Lo que es más, al igual que en el caso del progreso de los animales con el transcurso del tiempo, entre las plantas, los sucesivos períodos venían marcados por una creciente diversidad y complejidad de los grupos representados. Así, el primer período (en términos modernos, el Paleozoico Superior) había estado dominado por las criptógamas vasculares; en el segundo, en el que la flora era relativamente pobre, aparecieron las primeras coníferas; en el tercero (a grandes rasgos el Mesozoico), habían aparecido las primeras cicadáceas que, junto con las coníferas, comprendían casi la mitad de la flora total; y finalmente, en el cuarto período (Cenozoico), habían hecho su primera aparición las dicotiledóneas, que habían llegado a ser dominantes dentro de la flora. Estos

«resultados positivos, independientes de toda hipótesis y toda teoría preconcebida» —o eso aseguraba— representaban para Brongniart una gratificante confirmación del modelo «progresivo» de la historia de la vida, que había empezado a tomar forma a partir del estudio de los fósiles animales.

No obstante, el joven Brongniart sugería ulteriores implicaciones de sus trabajos. El carácter tropical de la flora del primer período (es decir, fundamentalmente de los estratos Carboníferos) podía considerarse, en su opinión, como algo firmemente establecido. Aunque los géneros estuvieran extintos, la profusión de helechos

arbóreos, licopodios y equisetos podía equipararse en carácter ecológico general con los bosques pluviales de los trópicos, calientes y húmedos, de nuestros días (fig. 3.11). Brongniart concluía, a partir de esta analogía actualista, que el clima del período Carbonífero había sido igual de cálido, o incluso más cálido, que el de los trópicos actuales; y las floras posteriores parecían confirmar, en su opinión, que se había producido un descenso gradual en la temperatura en todo el globo.



Fig. 3.11. Ilustraciones de Adolphe Brongniart (1828-37) de parte de las frondas de un helecho arbóreo fósil del Carbonífero, y su comparación con un helecho arbóreo tropical moderno. La cuidadosa descripción y la reconstrucción ecológica de Brongniart de la flora del Carbonífero sugería que la Tierra había sido, en general, más cálida en ese período de su historia: esto estaba en concordancia con la teoría geofísica de la época acerca del enfriamiento gradual de la Tierra.

Esta conclusión constituía la excitante confirmación de una teoría geofísica de la época, que mantenía que el «progreso» de la vida había sido paralelo a un desarrollo direccional del entorno inorgánico. El conocimiento del gradiente geotérmico observado en las minas había sido parte de la base empírica de la teoría de Buffon acerca del enfriamiento gradual del globo; pero tanto la validez de las observaciones, como su interpretación, habían sido muy criticadas, y las ideas sobre un origen ígneo de la Tierra casi habían desaparecido de las discusiones científicas. Entonces, en los años 1820, unos estudios más detallados mostraron que el gradiente era genuino y, de

hecho, universal; y cuando el físico matemático Fourier aplicó sus ecuaciones del flujo de calor al problema del enfriamiento de una esfera, concluyendo que el gradiente geotérmico obedecía al calor residual de la Tierra, el modelo de Buffon recuperó inmediatamente su respetabilidad científica. No sólo respaldaba con todo el prestigio de la física toda evidencia geológica que revelara un enfriamiento gradual de la superficie terrestre, sino que suponía también que el *ritmo* de enfriamiento, a su vez, había disminuido gradualmente [165] .

Así, podía explicar por qué la escala a la que se había producido la orogénesis y la actividad volcánica había sido, aparentemente, mucho mayor en períodos tempranos de la historia terrestre que en épocas más recientes, una disminución de intensidad que hacía que las comparaciones actualistas con el presente tuvieran un valor limitado en el estudio de las revoluciones más antiguas del globo.

Aplicada a la historia de la vida, esta teoría sugería una explicación ecológica o incluso fisiológica del incremento progresivo en la diversidad y complejidad de los organismos existentes en períodos sucesivos. Los animales y plantas más sencillos, o

«inferiores» de los primeros períodos habían estado adaptados a las condiciones cálidas que prevalecieron en su era; posteriormente, al ir descendiendo la temperatura media de la superficie de la Tierra, con la subsiguiente aparición de climas más templados, habían podido hacer su aparición animales «superiores»; mientras que la creciente variedad de hábitats disponibles se había visto compensada por la creciente diversidad de la fauna y la flora. Brongniart sugirió también una correlación fisiológica entre la exuberancia de los bosques carboníferos y la posterior aparición de los vertebrados terrestres. El tamaño y profusión de las plantas sugería una alta concentración de dióxido de carbono en la atmósfera en el período Carbonífero; sólo al disminuir ésta por el bloqueo de carbono en los depósitos de carbón, la atmósfera pudo resultar adecuada para los reptiles terrestres del período subsiguiente, mientras que habría sido necesario una proporción aún mayor de oxígeno antes de que pudieran existir los mamíferos, de organización más activa. Cualesquiera que fueran los méritos de las argumentaciones de Brongniart (algunas de ellas son sorprendentemente similares a las teorías modernas de la evolución de la atmósfera), su teoría es un ejemplo de la preocupación de los científicos de los años 1820 por integrar los resultados de la investigación geológica y la paleontológica. Ambos casos parecían converger hacia un concepto de la historia de la Tierra y la vida que era, por encima de todo, de carácter *direccional* [166] .

XII

Había, con todo, un importante problema que esta teoría no conseguía explicar.

Como hemos visto, la teoría de las revoluciones de Cuvier estaba pensada fundamentalmente para explicar el hecho aparente de las extinciones masivas, y en los primeros años de sus investigaciones había resultado razonable que dejara de lado el problema de los *orígenes* de las nuevas faunas, atribuyendo su aparición a la migración desde otros continentes. Pero, al irse desarrollando la estratigrafía, centrándose cada vez más en contenidos fósiles de los estratos, empezó a ser evidente que la secuencia de restos fósiles era, a grandes rasgos, similar en todas las partes del mundo. La cuestión del origen de las nuevas faunas y especies, que Cuvier al principio había considerado, legítimamente, que se salía del reino de los interrogantes científicos, se vio así inexorablemente introducida en los dominios de la «ciencia positiva». Fue precisamente el éxito de los métodos de Cuvier en la reconstrucción de las faunas antiguas lo que, irónicamente, cambió el estatus de este interrogante, ya que la evidencia cada vez más abundante en favor de una sucesión «progresiva» de la vida, implicaba que las formas nuevas tuvieron que aparecer a lo largo de intervalos del tiempo geológico. Los

orígenes de las especies y, aún más seriamente, de los principales tipos de organización encarnados por las clases de los reinos animal y vegetal, no estaban ya velados por la impenetrable oscuridad de los orígenes primordiales de la propia Tierra: fueron adelantados en el tiempo hasta puntos definibles del registro estratigráfico. Los tipos de organización característicos de los peces y reptiles parecían remontarse sólo a la parte más antigua de la era secundaria (aunque la estratigrafía de esta era seguía siendo un tanto oscura); de un modo más positivo, la organización característica de los mamíferos, había surgido al parecer, a comienzos de la época Terciaria, o, tomando en consideración a los marsupiales de Stonefield, a finales de la Secundaria como muy pronto. El propio Cuvier, reconocía estos hechos; pero aunque amplió mucho el alcance de sus *Researches* en los años posteriores a la publicación de su primera edición, siguió, a todos los efectos, ignorando el problema y considerándolo acientífico, hasta que, poco antes de su muerte, se vio impelido a realizar una denuncia pública de una solución que, a su modo de ver, ponía en peligro los cimientos mismos de su trabajo.

Aunque el concepto lamarckiano de flujo continuo y «progresivo» había sido formulado en el contexto de una filosofía natural anterior, había un miembro del personal del Museo, perteneciente a la generación de Cuvier, que se había sentido impresionado por él. En sus primeros años de trabajo en el Museo, Geoffroy St. Hilaire había sido íntimo amigo y colaborador científico de Cuvier, pero posteriormente se habían ido distanciando al surgir graves diferencias en sus puntos de vista —

acentuadas por la arrogancia científica que el éxito había producido en Cuvier, y por las inclinaciones especulativas que Geoffroy adquirió de la *Naturphilosophie* «romántica» de los naturalistas alemanes. En su trabajo zoológico, ambos habían dedicado su atención fundamentalmente a la comparación anatómica; pero mientras que el enfoque de Cuvier era básicamente funcional, a Geoffroy le interesaban más las comparaciones formales[167] (o, en una terminología posterior, homológicas). Allá donde Cuvier formulaba un principio de la «correlación (funcional) de las partes», Geoffroy definía un principio de «conexiones» homológicas entre órganos, tales como que sus posiciones relativas eran siempre las mismas, cualquiera que fuese su grado de desarrollo. La diversidad de los animales era para Cuvier, esencialmente, una manifestación de sus variadas adaptaciones funcionales y ecológicas; para Geoffroy era reflejo de las diversas transformaciones topológicas bajo las cuales debía existir un «plano general» anatómico único. Con todo, estas dos actitudes diferentes frente a la anatomía —que se verían posteriormente unificadas en el seno de la teoría de Darwin— fueron, inicialmente, aplicadas exclusivamente al problema estático de la forma de los animales, no a la cuestión del origen temporal de la diversidad. Había sido Geoffroy quien había recolectado los animales momificados traídos de Egipto, y al principio, al parecer, había estado convencido de que eran una refutación concluyente de la teoría de Lamarck. Sólo transcurrido algún tiempo, cuando sus intereses se habían desplazado a los problemas

del desarrollo embrionario, se convenció de que la organización animal era más lábil de lo que podían tolerar los principios de Cuvier.

Se sabía, desde hacía mucho tiempo, que los vertebrados «superiores» atravesaban, en el transcurso de su desarrollo embrionario, etapas que recordaban a las clases

«inferiores», y esto se había convertido en una importante argumentación en favor de la escala del ser. Pero la teoría «preformacionista» del desarrollo que tal razonamiento respaldaba —

con su concepto (en jerga moderna) de la «programación» determinista del germen «inicial», para que ascendiera la Escala en el transcurso de su desarrollo—

resultaba difícil de reconciliar con la observación de que el desarrollo producía ocasionalmente «monstruosidades». Esto sirvió para sugerir a Geoffroy que la única teoría que podía incluir a estos fenómenos en las fronteras de la ley natural, era una teoría «epigenética»: evidentemente, las influencias externas podían afectar de algún modo al desarrollo que, por consiguiente, no podía programarse rígidamente desde un principio. En su *Anatomical Philosophy* (1818-22) **[168]** —el título sugiere un deseo de emular el trabajo de Lamarck—, Geoffroy combinó un estudio de las homologías de los órganos respiratorios con un estudio de teratología humana; y fueron estas dos ramas de la investigación las que intentó fundir en un único concepto de la indefinida labilidad de la forma animal. En una serie de experimentos realizados en una granja avícola**(28)** cercana a París, descubrió que podían producirse monstruosidades a voluntad, por medio de alteraciones adecuadas en los entornos exteriores de los huevos en fases adecuadas de su incubación. Esto, en su opinión, confirmaba el «axioma general» de que «nada es fijo en la naturaleza», una aseveración explícitamente realizada como referencia al trabajo de Lamarck; y a partir de esto, continuó manteniendo que este principio general del flujo resultaba especialmente aplicable a los organismos, «cuya esencia se encuentra, en efecto, en la transformación y la metamorfosis de sus partes».

Una definición lamarckiana de la vida como ésta tenía implicaciones obvias en lo que a la *historia* de la vida se refiere. Geoffroy decidió hacer explícitas estas implicaciones atacando a Cuvier en su propio terreno, con una interpretación divergente de los cocodrilos vivientes y fósiles (1825). ¿Acaso no era posible, sugería el título de su memoria, que las especies vivientes hubieran «descendido por un camino ininterrumpido de generación» de las especies fósiles? **[169]**. Utilizando los propios métodos de Cuvier, argumentó que las especies habían sido adaptadas a diferentes condiciones ambientales; pero de esto extraía la conclusión, radicalmente no cuveriana, de que estas diferencias anatómicas podrían haber sido inducidas por los cambios en el propio medio ambiente. Lo que sus experimentos con polluelos habían demostrado que ocurría «en miniatura y ante nuestros propios ojos», podría sin duda haber ocurrido a

mayor escala como resultado de los cambios mucho más drásticos postulados por físicos y geólogos.

Lo que Geoffroy había hecho, a todos los efectos, había sido coger su propio concepto de la organización animal como algo indefinidamente lábil ante las influencias ambientales, e integrarlo con la teoría geológica contemporánea de un cambio direccional del medio ambiente. El modelo direccional de la historia de la Tierra que ya había sido postulado, le ahorró adoptar la idea de Lamarck de una tendencia progresiva inherente a la propia vida; aparte de la aceptación generalizada de la naturaleza como un flujo, todo lo que Geoffroy tuvo que tomar prestado de Lamarck, fue su mecanismo secundario acerca de la influencia modificadora del medio ambiente. Lo que es más, Geoffroy podía incluso utilizar la teoría geológica de las revoluciones repentinas —

aborrecida por Lamarck— como medio para explicar las abruptas transiciones de un tipo de organización animal a otro: tales episodios de cambios ambientales drásticos, producirían, según la analogía actualista de sus experimentos, unos cambios correspondientemente grandes en la anatomía y la fisiología. Era, por tanto, una teoría evolutiva que, al contrario que la de Lamarck, preveía una *tasa* variable de cambio, y que, en principio, resultaba perfectamente concordante con la teoría geológica predominante en la época. No obstante, a pesar de su integración en la geología de Cuvier, las ideas de Geoffroy resultaban para éste totalmente inaceptables por motivos biológicos, ya que entraban en conflicto con su fe en la necesaria estabilidad funcional de la organización, tan fundamentalmente como la teoría de Lamarck. Lo que es más, difícilmente podía Cuvier tomarse en serio la teoría de Geoffroy cuando, en una exposición posterior de alcance más general (1828), éste citaba en su apoyo una «serie progresiva de fósiles», que mostraban que carecía por completo de sentido de las afinidades anatómicas y de toda comprensión de las edades geológicas relativas (¡el mosasaurio de las gredas había sido *seguido* por el teleosaurio de la oolita, que llevó inmediatamente al megalonix de los depósitos superficiales, que iba *antes* que el paleoterium del Terciario temprano!)[170]. Finalmente, cuando en 1830 Geoffroy aprobó públicamente un trabajo(29) en el que se sugerían homologías anatómicas entre peces y cefalópodos, Cuvier decidió que tanta especulación irresponsable era ir demasiado lejos, y lanzó un ataque intempestivo sobre Geoffroy, el recién fallecido Lamarck, y sobre todas las manifestaciones de la «acientífica» *Naturphilosophie*. La sugerencia de que la anatomía de la clase «más primitiva» de los vertebrados pudiera estar enlazada con la de la clase «más elevada» de los moluscos, no era sólo contraria a la demostración por parte de Cuvier de que existían cuatro ramas radicalmente distintas en el reino animal; de un modo más

fundamental, la implicación de que todos los animales pudieran relacionarse unos con otros en una única Escala serial atacaba las mismas raíces de su filosofía y métodos biológicos. Y, en efecto, atacaba el valor y el significado de los trabajos de toda su vida. La agria discusión entre Geoffroy y Cuvier fue sólo de

un modo periférico un debate entre la evolución y la fijeza de las especies: fundamentalmente fue un choque entre dos filosofías de la naturaleza opuestas[171]. No obstante, precisamente debido a que Cuvier atacó el trabajo de Geoffroy como una amenaza al buen nombre de la ciencia anatómica, haciéndolo además desde su bien ganada posición de inmensa autoridad y prestigio científicos, su victoria en la discusión tuvo como resultado que las teorías evolutivas fueran tachadas de especulativas y acientíficas durante los siguientes treinta años. Sólo con este transfondo puede realmente comprenderse la extremada cautela de Darwin a la hora de proponer su propia teoría.

XIII

Existía, no obstante, otra razón por la que la toma de posición de Cuvier, contraria a las teorías evolutivas alcanzó gran influencia, especialmente en Inglaterra. Su concepto de la integración funcional y de la estabilidad del organismo, estaba históricamente enraizada no sólo en la biología aristotélica, sino también en la tradición de la teología natural, que se remontaba hasta Ray y aún más allá. Fue Ray quien había utilizado el asombroso «diseño» de los organismos como ejemplo más convincente de *The wisdom of God manifested in the words of creation* (1691); y dado que incluso la teología de los ortodoxos se había ido volviendo de un carácter cada vez más deísta a lo largo del siglo XVIII, estos «argumentos de diseño» se habían convertido en populares lugares comunes de la teología natural. Los intrincados mecanismos de los animales y las plantas, demostraban todos la existencia de un sabio diseñador; pero este argumento, necesariamente, hacía obligatoria la constancia de la organización en la que se encarnaba el diseño. Del mismo modo en que Dios había mantenido el orden constante del mundo físico por el medio «secundario» de las leyes naturales de la Física, los organismos mantenían la constancia de su diseño a través de las leyes de la generación (es decir, en términos modernos, de la herencia). Esto implicaba que los distintos diseños de los diferentes organismos debían haber sido implantados en el momento de su creación, del mismo modo que las leyes físicas de la materia. Inquirir acerca del origen de las especies o del diseño orgánico estaba, pues, tan fuera del mundo de las ciencias naturales como el inquirir, por ejemplo, acerca de las leyes de la gravitación.

Esta actitud respecto al diseño orgánico queda bien ilustrada por el atractivo libro *Natural Theology* (1802) de William Paley. Éste fue un compendio, merecidamente popular, de ejemplos tomados de Ray y otros trabajos anteriores; pero aunque fue inmensamente influyente en Inglaterra a todo lo largo del sigloXIX, científicamente hablando pertenece al siglo XVIII. El mundo que analizaba seguía siendo un mundo ordenado y estático; y la teoría «evolutiva» a la que se oponía era la especulación ampliamente lamarckiana de Erasmus Darwin (el abuelo de Charles). Incluso su

primera página, dejaba en evidencia que Paley ignoraba por completo los nuevos descubrimientos científicos en torno a la historia de la Tierra; porque Paley asumía que no tenía sentido hacer preguntas acerca del *origen* de una piedra encontrada en el suelo, mientras que si

junto a ella se encontraba un reloj, tales cuestiones llevarían naturalmente a una consideración del diseñador del reloj. No obstante, cuando en los años siguientes se unió a la nueva evidencia geológica una creciente consciencia de la historia de la vida en sí, esta tradición dentro de la teología natural derivada de Paley, quedó enlazada, casi inevitablemente, a la idea de que las especies se habían originado por algún tipo de proceso «creativo», que habría actuado *dentro* del tiempo geológico.

Habiendo hecho semejante inversión en el argumento del diseño de los organismos, la teología natural se vio obligada a defenderlo contra toda teoría científica que pareciera derogar la labor divina encarnada en todas y cada una de las especies. Condenar las teorías de Lamarck y Geoffroy era, pues, equivalente a condenar no sólo las especulaciones acientíficas, sino también las ideas materialistas subversivas para el marco religioso de la vida intelectual.

En qué medida la fe de Cuvier en la estabilidad de los organismos estaba basada o no en este motivo, es algo imposible de definir, ya que mantuvo con tal firmeza la necesidad de una separación rígida entre ciencia y religión, que jamás adoptó actitud explícita alguna sobre tales cuestiones. Pero cuando el trabajo científico de tradición cuveriana fue importado al clima intelectual y religioso —radicalmente diferente— de Inglaterra, adquirió, como hemos visto, nuevas connotaciones, no sólo debido a las preocupaciones de la teología evidencial, sino también por las preocupaciones, igualmente poderosas, de la teología natural. En efecto, la antigua idea de la plenitud de la naturaleza se conservaba, pero en una forma modificada que permitía que fuera concordante con los resultados de la investigación científica. Estaba ya claro que no todas las formas de vida que habían existido, existían *aún*; pero, con todo, sí podía asumirse que todas las formas que *podían* existir lo habían hecho en uno u otro momento. Así se preservaba la plenitud *sub specie aeternitatis*. Lo que es más, del mismo modo que el antiguo concepto estático de la escala del ser había sido considerado una manifestación de la sabiduría divina, que habría creado una jerarquía de todas las formas posibles de vida, las nuevas evidencias científicas del «progreso» de la vida (o al menos de los vertebrados) en el transcurso del tiempo geológico, podía considerarse ahora como una puesta al día *temporal* de aquel plan divino.

La memoria de Conybeare acerca del plesiosaurio es un ejemplo representativo de estas preocupaciones, en activo dentro de la obra de un paleontólogo inglés. Conybeare mantenía que el reptil recién descubierto por él, al ser «un eslabón entre el ictiosaururio y el

cocodrilo», formaba «una transición entre diferentes razas» y se sumaba a «la cadena interconectada de los seres organizados». Con todo, se sintió impelido

inmediatamente a disociar esta idea de Escala de su «absurda y extravagante aplicación a una teoría evolutiva». Pero, indirectamente, resulta evidente que su crítica de Lamarck traspasaba las fronteras de lo científico, ya que caracterizaba la escala del ser como una

«llamativa demostración de la infinita riqueza del diseño creador», y afirmaba que considerar una teoría lamarckiana requería «cuando menos la credibilidad de una filosofía material» [172] .

En la historiografía más antigua se tendía a asumir que tales preocupaciones teológicas habían tenido una influencia totalmente nefasta sobre la investigación científica. Resulta, pues, importante señalar que, al igual que los presupuestos metafísicos que subyacen a la ciencia de cada período (incluyendo el nuestro), la teología natural no cegó al hombre con soluciones «correctas» de problemas científicos, sino que hizo notar su influencia, más bien, en la elección de problemas a afrontar, y en el tipo de soluciones que se consideraban satisfactorias. Así, el énfasis en el diseño divino de cada especie creó, sin duda alguna, una poderosa (y en parte, inconsciente) oposición a cualquier teoría evolutiva, tendiendo a desanimar a toda especulación acerca de los mecanismos posibles del origen de las especies. Pero, al mismo tiempo, actuó como un incentivo igualmente poderoso en favor del análisis funcional y la reconstrucción ecológica de las especies fósiles individuales (y también de especies vivas), ya que llevó a que los naturalistas *esperaran* hallar evidencias de mecanismos adaptativos en la estructura de los organismos —como demuestra el ejemplo del trabajo del propio Conybeare.

De modo similar, la interpretación del progreso temporal de la vida en términos de la actualización temporal de un plan divino, tendía a desanimar toda especulación en torno a los posibles mecanismos de la aparición de formas «superiores» de vida; y al mismo tiempo, suministraba un incentivo igual de poderoso para la búsqueda de ulteriores evidencias del progreso orgánico. Fue el éxito logrado en esta búsqueda el que, más adelante, otorgó a la teoría evolutiva de Darwin la base empírica que su aceptación requería.

XIV

Alrededor de 1830, el espectacular éxito de tres o cuatro décadas de investigación sobre los fósiles había, por lo tanto, transformado la antigua demostración de Cuvier de una única revolución orgánica reciente en una síntesis paleontológica de enorme alcance y capacidad explicativa. La escala temporal geológica estaba ya firmemente establecida, según el patrón de la historia humana, como algo casi incalculablemente largo y, con todo, documentada por una sucesión inmensamente gruesa de estratos lentamente depositados. Las formaciones sucesivas de estratos, e incluso en algunos

casos, los estratos individuales(30), se caracterizaban con toda claridad por conjuntos distintivos de especies fósiles, que permitían su identificación y correlación sobre zonas muy extensas. Esta correlación demostró que, en sus líneas más generales, la historia de la vida había sido la misma en todas las partes del mundo.

La «revolución» reciente de Cuvier había resultado ser tan sólo la última de multitud de acontecimientos similares, que puntuaban la historia de la vida y que habían tenido, al parecer, efectos repentinos y drásticos no sólo en las faunas terrestres que él había reconstruido, sino también en las faunas marinas, más abundantes, y en la vida vegetal. Estas revoluciones eran, evidentemente, acontecimientos naturales que, de algún modo, iban incorporados a la constitución física del globo, y en su carácter eran, al parecer, olas de marea repentinas y transitorias, que arrasaban, ocasionalmente cuando menos, las tierras bajas de los continentes. Su causa física seguía siendo desconocida, pero parecía estar conectada con las elevaciones ocasionales y repentinas de cadenas montañosas, que, a su vez, se interpretaba(31) en términos de liberación de tensiones de la corteza. En cualquier caso, dado que eran drásticos episodios de cambio ambiental, resultaban adecuados para explicar la extinción en masa de faunas y floras de especies bien adaptadas.

Superpuesta a esta imagen de revoluciones ocasionales y repentinas, había emergido un elemento direccional o «progresivo» del estudio de la historia de la vida y de la propia Tierra. Parecía existir una especie de progreso tras la aparición sucesiva de peces, anfibios, reptiles, marsupiales, mamíferos placentarios y, finalmente, del propio hombre; y esto tenía su paralelismo en las plantas por el paso de las criptógamas a las dicotiledóneas. Este sentido de progreso, tanto en el reino animal como en el vegetal, parecía correlacionado con un

desarrollo direccional de la propia Tierra. El enorme prestigio de la física respaldaba el punto de vista de que la Tierra se había ido enfriando gradualmente tras un origen incandescente, atravesando fases hipertropicales y tropicales al acercarse a su estado presente, relativamente equilibrado, pero climáticamente diversificado. Por consiguiente, la superficie de la Tierra había atravesado una secuencia de medios ambientes, progresivamente más equilibrados y diversificados, que habrían de ser los hábitats de formas de vida cada vez más diversas y complejas.

Este consenso general en la opinión científica no necesitaba una formulación explícita ni a gran escala. Al parecer, los días de los sistemas grandiosos habían tocado a su fin, y con la expansión de la actividad y la proliferación de periódicos científicos, esta síntesis entre la geología y la biología, se expresaba —como ocurriría hoy en día con un consenso similar—, principalmente a través de la red de referencias cruzadas en una multitud de monografías especializadas, memorias y «cartas al editor». Era una

tradición investigadora dentro de la cual la mayor parte de los resultados de esta masa de investigaciones detalladas podían encajar sin dificultad. Sólo había dos aspectos en los que no conseguía suministrar explicaciones adecuadas a estos resultados: dejaba poco claro cuáles eran los medios por los que habían surgido las especies individuales y

—más importante— los principales tipos de organizaciones animales y vegetales.

4. Uniformidad y progreso

I

El 11 de enero de 1829, tras pasar tres noches en un barco, que resultaba casi tan incómodo como las primitivas hosterías que se había visto obligado a soportar durante dos meses en Sicilia, Charles Lyell (1797-1875) desembarcó en Nápoles. Esto marcó el final de una expedición decisiva, no sólo para el desarrollo intelectual del propio Lyell, sino también, a través de la enorme influencia de sus trabajos, para la historia de la paleontología. Como escribió al día siguiente a su amigo Roderick Murchison (1792-1871), que le había acompañado en una fase anterior de sus viajes, «debemos defender la necesidad de los viajes… como primer, segundo y tercer requisitos para todo geólogo moderno, dada la actual etapa adolescente de esta ciencia» **[173]** .

La metáfora de la adolescencia había sido bien elegida. La interpretación de Lyell de la geología —y ésta incluía la paleontología — habría de dominar los debates en el seno de esta ciencia en el transcurso de los siguientes treinta años, ya fuera por desacuerdo o acuerdo. No obstante, la ciencia no puso pie en tierra, como una Venus procedente de la bahía de Nápoles, totalmente madura en la persona de Lyell. La publicación de sus *Principles of Geology* (1830-3) inició, sin duda, un apasionado debate acerca de las cuestiones más fundamentales de la historia de la Tierra y de la vida; pero el trabajo de Lyell no creó la geología como ciencia allá donde todo había sido anteriormente especulaciones o hechos no digeridos. Como hemos visto, ya en 1830 existía un contexto entre los científicos que encarnaba una síntesis de un alto estatus dentro del mundo de la ciencia, y que tenía un gran poder explicativo. El trabajo de Lyell fue importante no porque sustituyera a ésta por una teoría más «científica», sino porque suponía un desafío radical a la síntesis establecida, y obligó a los científicos a reexaminar sus cimientos. En esta ocasión, mientras que algunos de los «principios» de Lyell fueron gradualmente asimilados, lo que alteraba el consenso establecido, otros elementos de su pensamiento fueron radicalmente rechazados.

No obstante, al comienzo de este período, Lyell consideraba que la ciencia era adolescente con toda corrección: atravesaba un período de crecimiento rápido, pero estaba aún en una etapa en que las nuevas influencias podían alterar, fundamentalmente, la dirección de su desarrollo. Una influencia de este tipo, de la que la expedición de Lyell a Sicilia fue al menos un síntoma, fue la emergencia de la geología inglesa como fuerza importante en el seno de la comunidad

internacional. Para Lyell y muchos de sus amigos, esto no carecía de connotaciones nacionalistas: «este año», le escribía a Murchison, «hemos sondeado, por medio de nuestra gira conjunta, la profundidad, y verificado la superficialidad, de los geólogos de Francia e Italia». Sólo quedaba por descubrir si la ciencia alemana era capaz de desafiar la supremacía inglesa. Este nuevo sentido de fuerza y confianza corporativas, aunque reflejaba sin duda una actitud similar en el pensamiento inglés de la época, obtenía principalmente su poder específico —para hombres como Lyell y Murchison— de su participación en la Geological Society of London. Ésta había sido una organización vigorosa y juvenil desde su fundación en 1807. Lyell se había convertido en uno de sus secretarios —cargo en el que le sucedió Murchison— con tan sólo veinticinco años, y a los treinta y uno era ya vicepresidente; mientras que Murchison, que también rondaba la treintena, se había convertido en su secretario para el Exterior(32), e incluso su presidente, William Fitton (1780-1861), tenía poco más de cuarenta años. Tanta juventud tal vez contribuyera a la elevación de la Sociedad a una posición preeminente como foro del debate geológico en Europa. Se vio también favorecida por el hecho de que fuera la primera sociedad creada en parte alguna, dedicada exclusivamente a esta ciencia; ya que tras una pugna casi mortal con Sir Joseph Banks, el autócrata presidente de la Royal Society, se había ganado el derecho de existir independientemente de ese cuerpo aún sin reformar[174].

El contraste entre la Geological Society de Londres y el Museo de París, al que empezaba a reemplazar como centro de la investigación geológica, refleja con precisión el contraste existente en las posiciones adoptadas por la ciencia en ambos países.

Mientras que el Museo y el Instituto habían sido creados y financiados generosamente por el estado, con un respaldo que había permanecido incólume a través de todas las convulsiones políticas de los años subsiguientes, la Geological Society, era una organización totalmente privada, que dependía casi totalmente de las suscripciones de sus socios. A pesar de la enorme importancia económica de los recursos minerales para el primer país industrializado del mundo, el apoyo estatal a la ciencia que más probabilidades tenía de desarrollar estos recursos, siguió siendo casi inexistente[175].

No obstante, los grandes atractivos de la geología como ciencia que se desarrollaba rápidamente, y en direcciones espectaculares —y más aún como una ciencia en la que prácticamente cualquiera podía

aspirar a realizar descubrimientos emocionantes—

suministraba a la sociedad un número cada vez mayor de socios. La astronomía siguió siendo la ciencia aristocrática en Inglaterra, tanto social como científicamente. En cambio, la geología era del gusto de las clases medias, en la medida en que se ajustaba a sus recursos, ya que, al contrario que la astronomía, su práctica activa requería poco más que una cantidad razonable de ocio, los medios económicos para poder hacer algunos viajes, y el gusto por el aire libre y el campo. Lyell se había formado como



abogado, y ejercía como tal, cuando su mala vista le impidió seguir en esta carrera; pudo, complementando sus medios privados con las ganancias obtenidas por derechos de autor, dedicarse por completo a la ciencia. De manera similar, Murchison procedía de un panorama familiar de terratenientes, y había cambiado su carrera militar por una vida dedicada a la caza del zorro cuando se vio capturado por el entusiasmo geológico, gusto para el que tenía tanto los medios como el tiempo necesarios. Fitton y Mantell eran médicos profesionales, Conybeare era clérigo y la mayor parte de los demás miembros prominentes de la sociedad procedían de un medio social similar. De entre los hombres poseedores de grandes conocimientos en geología, sólo los «hombres prácticos», como William Smith y sus asociados, brillaron por su ausencia en la Sociedad, debido a su clase social inferior y a su situación financiera inadecuada: de hecho, la sociedad hacía uso en ocasiones de sus conocimientos, pero, en general, tenía que hacerlo a través de contactos personales de sus socios. En Francia (como en Alemania), por contraste, no había ninguna división social o personal rígida entre la geología «científica» y la «técnica»: el mayor de los Brongniart, por ejemplo, era *Ingénieur en chef des Mines* antes de suceder a Haüy como profesor de Mineralogía en el Museo de París y, al mismo tiempo, estaba profundamente implicado en la tecnología de

la cerámica, como director de la fábrica estatal de porcelanas de Sèvres. Él y Cuvier habían publicado en el *Journal des Mines*, entre artículos dedicados a técnicas mineras, su gran memoria sobre la estratigrafía parisiense. En Inglaterra no existía semejante revista, ni tampoco una Escuela de Minas. En las dos Universidades, por otra parte, había conferencias de geología, si bien eran de naturaleza totalmente extracurricular: las de Buckland en Oxford eran tan populares como las de Adam Sedgwick (1785-1873), el primer ocupante realmente activo de la cátedra que había sido fundada en Cambridge por el testamento de John Woodward, casi un siglo antes (fig. 4.1).

Fig. 4.1. El Museo Geológico de Sedgwick, en Cambridge, el año 1842. Fundado a partir de la colección de John Woodward, fue muy ampliado durante el período en que Sedgwick ocupó la cátedra de Geología creada por Woodward. Puede verse el esqueleto del «alce» irlandés en el centro —una prueba central en los debates

«diluvianos» de principios del siglo XIX (véase Fig. 4.2).

Lyell había asistido a las conferencias de Buckland durante tres años consecutivos como subgraduado**(33)** en Oxford; y hay que apreciar con esto en mente, su campaña continuada contra la teoría diluviana de Buckland y contra todo lo que para él representaba. En parte fue una reacción, perfectamente común en un discípulo brillante, contra la teoría favorita de su maestro; en parte un rechazo de sus métodos de campo, en su opinión groseros; pero, fundamentalmente, era un repudio de los intentos de Buckland por utilizar la geología en servicio de una reconciliación con las Escrituras.

Lyell no era anti-religioso, pero, en su opinión, el estatus de la geología como ciencia respetable estaba siendo amenazado por el trabajo de Buckland. El mercado de libros populares sobre geología estaba siendo cubierto en Inglaterra por medio de un creciente número de libros, en los que se intentaba utilizar la geología en apoyo de una interpretación altamente literal de las Escrituras**[176]**; y mientras que éstos eran literalmente basura, y así eran considerados por los hombres de ciencia, en opinión de Lyell, Buckland estaba traicionando a la geología, prestando la autoridad científica de su posición a este mismo objetivo de conseguir que la geología fuera

conforme a las Escrituras. Estos sentimientos ayudan a comprender la vehemencia con la que Lyell atacó la teoría del Diluvio, y su entusiasmo frente a cada partícula de evidencia que pudiera utilizarse en contra. No obstante, el impulso de su ataque le llevó mucho más allá de una refutación de la variedad de diluvialismo característica de Buckland a una crítica mucho más radical de toda la síntesis descrita en el capítulo anterior.

II

Mientras que Lyell estaba aún en algún lugar de Sicilia, Murchison había leído ante la Geological Society un trabajo que resumía parte de su labor conjunta en Francia, y abría, al mismo tiempo, la campaña de Lyell contra la teoría diluviana[177]. Aunque los fósiles desempeñaron un papel subordinado en el razonamiento, este trabajo ilustra un método de interpretación que habría de tener implicaciones de gran alcance en la comprensión de la historia de la vida. Lyell estaba históricamente en lo cierto al introducir su trabajo (la inspiración de éste era casi con seguridad suya, y no de Murchison) meramente como una reiteración de una teoría «anunciada hace largo tiempo» por Playfair y otros, contrastada con «las opiniones opuestas de De Luc y su escuela» —es decir, de Buckland y sus colegas de Oxford. El punto vulnerable por el

que Lyell decidió atacar al diluvialismo fue su interpretación de los valles. Playfair había utilizado la lenta excavación de los valles por los arroyos que fluyen hoy por ellos, como ejemplo paradigmático de su método cuasi matemático de razonamiento en la geología: «integrando» los pequeños efectos observables en la escala temporal humana, podían producirse efectos incluso muy grandes en la escala temporal geológica. No obstante, para muchos de los contemporáneos de Playfair esta interpretación había carecido de capacidad persuasiva, no porque no pudieran aceptar los grandes períodos de tiempo que exigía, sino, principalmente, porque los mayores y más espectaculares valles de las regiones montañosas eran aquéllos en los cuales los arroyos que los recorrían actualmente no tenían relación alguna con sus formas (la explicación moderna de esto es que aquellos valles se han visto radicalmente modificados por la acción de los glaciares). Lo inadecuado de los arroyos actuales para explicar el excavamiento de los valles se había convertido, por consiguiente, en uno de los principales ejemplos de la geología actualista radical de Playfair, y, por contra, había sido también utilizada como principal evidencia de la necesidad de postular algún tipo de acontecimiento diluviano. La política actualista de utilizar el presente para interpretar el pasado no fue, desde luego, rechazada: como hemos visto, fue considerada por el propio Cuvier como el rasgo que distinguía a la geología de su propio tiempo de los «sistemas» especulativos de sus antecesores. Lo único que estaba en disputa era hasta qué punto el presente era una clave *adecuada* para interpretar el pasado.

Esta cuestión no había sido, desde luego, olvidada ni considerada

resuelta en los años anteriores a la incorporación de Lyell al debate. El año en que la paz retornó a Europa, las *Illustrations* de Playfair fueron presentadas a la atención de los geólogos continentales por medio de una traducción al francés que, con toda justicia, comparaba el trabajo de Playfair con una de las mejores evaluaciones críticas del mismo, realizada tras su primera edición[178]. El interés en el grado de adecuación de las «causas actuales» (esto es, los procesos geológicos activos hoy en día) era tal que tres años más tarde (1818) la Real Sociedad de Ciencias de Göttingen, por sugerencia de Blumenbach, ofrecía un premio por un ensayo «acerca de los cambios de la superficie terrestre que pueden ser establecidos en la historia, y de la aplicación que de esta información pueda hacerse en la investigación de las revoluciones de la Tierra que yacen más allá del dominio de la historia».

Obtuvo el premio el diplomático y geólogo *amateur* Karl von Hoff (1771-1837), con una masiva recopilación de toda la evidencia histórica en favor de los cambios en la geografía física por medio de la erosión y la deposición, los volcanes y los terremotos, y así sucesivamente[179]. Este trabajo tuvo como efecto la demostración de que estos efectos habían sido mucho más poderosos, incluso en el breve espacio de tiempo,

geológicamente hablando, de la historia humana, de lo que se había sospechado hasta el momento. Esto sugería, a su vez, que su acción podía explicar muchas más evidencias de los períodos geológicos pre-humanos, sin necesidad de asumir, como había hecho prematuramente Cuvier, que los acontecimientos más drásticos, carecían de paralelo posible en nuestros días. No era una conclusión necesaria que no se hubieran producido tales acontecimientos; tan sólo que, probablemente, habrían sido de tipo similar, si no de grado, a los observados en la historia humana: la sugerencia de James Hall de que las revoluciones habían sido producidas por olas de marea a gran escala, es un buen ejemplo de esto.

No obstante, la demostración que von Hoff hacía del poder de las «causas actuales», podía utilizarse también para eliminar por completo las revoluciones, si se combinaba con el hincapié que hacía Playfair en la efectividad de procesos, incluso muy lentos, a lo largo de grandes períodos de tiempo. Otro geólogo *amateur* dio un gran paso en esta dirección con sus estudios sobre volcanes[180]: George Poulett Scrope (1797-1876), miembro del Parlamento. Las motivaciones interiores por las que Scrope deseaba refutar el diluvialismo eran las mismas de Lyell: la teoría de Buckland amenazaba la integridad y el estatus de la ciencia geológica, no sólo al intentar una fútil

concordancia con las Escrituras, sino también porque, como él decía, «detiene toda posterior investigación». En otras palabras, asumir que no existe proceso actual alguno que pueda explicar efectos del pasado, es positivamente *anti-heurístico*, dado que impide toda búsqueda de un proceso actual que pudiera ser de hecho adecuado. Scrope aplicaba la política opuesta, es decir, la actualista —«el único camino legítimo del pensamiento geológico»— a la interpretación de los famosos volcanes extintos del centro de Francia; pero su demostración de que no diferían en carácter esencial alguno de los volcanes activos en su tiempo, le llevó, incidentalmente, a una conclusión similar a la de Playfair acerca de la excavación de los valles. En este área (que, afortunadamente para él, prácticamente no se había visto afectada por la acción de los glaciares) pudo demostrar que la efusión ocasional de ríos de lava por los valles, había suministrado evidencia de «varias etapas diferentes en el proceso de excavación», por contraposición a la acentuada distinción que hacían los diluvialistas entre los estados ante y posdiluvianos del país (véase fig. 4.3). La excavación gradual por parte de los arroyos resultaba, pues, adecuada para dar una explicación a los valles —«asumiendo un tiempo indefinido». Esta conclusión subrayaba la capital importancia del *tiempo* en geología: «cada paso que damos en esta ciencia», escribió, «nos obliga a remontarnos casi ilimitadamente a la antigüedad».

En palabras del propio Scrope, había oído el eco del lema de la naturaleza:

«¡Tiempo-tiempo-tiempo!» en todas sus observaciones geológicas. No obstante, como hemos podido ver, esto no obedecía fundamentalmente a una estimación inadecuada de

la escala temporal, que hacía que la mayor parte de los geólogos creyera que la historia de la Tierra se había visto puntuada por algún tipo de drásticas revoluciones. Los propios efectos parecían reclamar la existencia de acontecimientos repentinos, pero, en general, se asumían enormes intervalos de tiempo entre estas revoluciones. No obstante, tal vez existiera una pequeña laguna entre la aceptación racional de una vasta escala temporal y la capacidad de imaginar lo que podría implicar una escala temporal semejante. Es posible que esta barrera imaginativa sólo pudiera ser derribada por hombres con poderosos motivos para desear explotar al máximo una escala de tiempo así. Desde luego, Scrope, seguido por Lyell, se dio cuenta de que se podría utilizar la inmensidad del tiempo como mecanismo explicativo para eliminar la supuesta

«catástrofe», que tanto aborrecían: con una «disponibilidad ilimitada

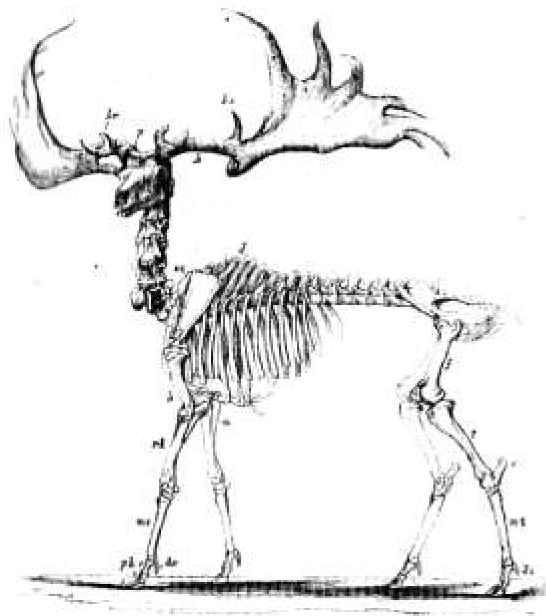
de tiempo», los procesos geológicos ordinarios eran capaces de producir incluso los más llamativos efectos, y los acontecimientos aparentemente súbitos y a gran escala, podían ser

«diluidos» en cambios lentos y graduales, en nada diferentes a los recolectados por von Hoff a partir de registros históricos.

Scrope, por su parte, no tenía nada en contra de las revoluciones cuverianas como tales revoluciones, siempre y cuando fueran interpretadas en términos de procesos actuales. De hecho, creía positivamente que había habido ocasionalmente «crisis parciales (es decir, localizadas) de extraordinaria turbulencia» en períodos anteriores, tales como la « *paroxística* catástrofe» que había dado lugar a los Alpes; pero, según él, incluso tales acontecimientos podían explicarse, dado que había «raras combinaciones de circunstancias que, en ocasiones, daban una fuerza prodigiosa» a los procesos ordinarios. De hecho, toda la teoría de vulcanismo de Scrope se basaba en el modelo contemporáneo de una Tierra en enfriamiento direccional y, al igual que von Hoff, daba por sentado que la fuerza de los procesos volcánicos y sísmicos había ido disminuyendo progresivamente con el transcurso del tiempo. También daba por sentado el «progreso»

paralelo de la vida, aunque su interés en él fuera sólo periférico.

El ataque de Scrope contra el aspecto geológico de la teoría diluviana, se vio pulcramente complementado en ese mismo período por el ataque de Fleming contra su base biológica[181]. Los dos ataques fueron muy parecidos en su carácter: Fleming intentaba demostrar que la extinción de la fauna «diluviana», al igual que había ocurrido con la excavación de los valles, no había tenido lugar de una manera repentina, sino gradual, y a lo largo de un extenso período de tiempo; y, lo mismo que Scrope, utilizaba como base explícita de sus razonamientos el método actualista de Playfair. También sus motivaciones eran similares: como hemos visto, Fleming rechazaba el diluvio de Buckland, tanto en el terreno científico como en el religioso. Una vez más, igual que Scrope, Fleming daba por sentado que tanto la Tierra como la propia vida habían tenido una historia de carácter direccional, aunque ponía en cuestión la



Skeleton of the Gigantic Irish Deer. Height to summit of antlers, 10 feet 4 inches.

validez de inferir a partir de los fósiles que la Tierra hubiera sido más cálida en el pasado. No obstante, su principal preocupación era utilizar su conocimiento de la ecología animal y la geografía, para mostrar que las especies «diluvianas» se podían haber extinguido gradualmente por una lenta reducción y una eliminación final de poblaciones *locales*. En apoyo de esta hipótesis, podía indicar la analogía actualista de los efectos de la actividad humana en el período histórico: muchas especies habían sido localmente «extirpadas» de Gran Bretaña en los últimos siglos, y unas cuantas habían llegado a extinguirse. Incluso sin la mediación del hombre, los cambios físicos ordinarios en los medios ambientes locales afectaban de modo inevitable a la ecología de todas las especies presentes, haciendo que unas fueran más abundantes que otras, con lo que, con el transcurso del tiempo resultaba probable que pudieran desaparecer especies enteras.

Fig. 4.2. Reconstrucción de Richard Owen del esqueleto de un «alce» irlandés (1846). Fue el más controvertido de los mamíferos extintos de la fauna «diluviana», porque existían evidencias de que podría haber sobrevivido en la época posdiluviana, y haber sido exterminado por el hombre primitivo. Esta interpretación —que fue muy controvertida— sembraba dudas sobre la extinción «catastrófica» del resto de la fauna

«diluviana».

La hipótesis de extinción progresiva de Fleming venía también respaldada por el hecho de que en las gravas con huesos fósiles, los restos de especies extintas se mezclaban, a menudo, con los de especies aún existentes; y esto, señalaba, «podía considerarse el golpe de gracia a la hipótesis diluviana». Si el supuesto Diluvio Universal había aniquilado algunas especies, ¿por qué no había aniquilado también a las demás? Lo que es más, se creía que había sobrevivido hasta tiempos «post-diluvianos» al menos una de las especies extintas más espectaculares, el «alce» irlandés, ya que sus restos aparecían en turberas situadas por encima de la caliza «diluviana» y, aparentemente, había coexistido con el hombre (fig. 4.2). Si un miembro de esta fauna se había extinguido, por causas distintas al diluvio de Buckland, ¿por qué no iba a haber ocurrido lo mismo con otros? Fleming llegaba a la conclusión de que la evidencia citada por Buckland, procedente de su investigación espeleológica, no admitía las inferencias que él había realizado a partir de ella; y que las especies «diluvianas» —o algunas de ellas— se habían extinguido gradualmente, y población por población, como resultado de las actividades cinegéticas del hombre primitivo, con la ayuda de los cambios ambientales naturales. El hincapié que Fleming hacía en la influencia del hombre convertía su hipótesis en un arma arrojadiza contra Buckland, que era en realidad su objetivo. Pero sus comentarios acerca de la analogía entre el hombre primitivo y otros animales depredadores, hacían que sirviera como explicación más general de la extinción a todo lo largo de la historia de la Tierra.

III

Señalar de qué modo el enfoque característico de Lyell de los problemas científicos, venía influenciado por las ideas de sus coetáneos y sus predecesores, no supone merma alguna para su estatura intelectual. Por el contrario, la magnitud de su logro queda patente por la forma en la que pudo fusionar una amplia gama de ideas y observaciones, prácticamente en solitario, en una síntesis capaz de soportar la comparación con aquélla a la que se oponía. Así, por ejemplo, fue la amplitud de sus intereses científicos y de sus conocimientos, lo que le permitió tomar ideas prestadas, tanto del geólogo Scrope como del biólogo Fleming, y utilizar sus métodos y sus conclusiones en servicio de una síntesis mucho más amplia de ambas ciencias. Al igual que los otros dos, su motivación inicial fue el deseo de refutar la teoría diluviana de Buckland; y fue en un artículo para el *Quarterly Review* —uno entre una serie pensada para ofrecer a la *intelligentsia* conservadora(34) una visión más «ilustrada» de la geología moderna— donde empezó a desarrollar esta síntesis en público [182] .

El artículo era ostensiblemente, una reseña de la memoria de Scrope acerca de la zona central de Francia, pero Lyell desarrolló los razonamientos de Scrope en un sentido biológico. Lyell consideraba que el centro de Francia suministraba no sólo

valiosas evidencias en favor de la «acción gradual» de procesos físicos como la erosión de los valles, sino que también suponía una comprobación, posiblemente crítica, de la hipótesis de Fleming de la naturaleza, también gradual, de la extinción. Aquélla era un área que, al parecer, jamás había sufrido ninguna incursión marina cuveriana desde antes de la deposición de los estratos Terciarios dulceacuícolas como los que rodean París. Entre las faunas Terciarias de Cuvier y las de nuestros días, sugería Lyell, se encontraba el período de la historia de la vida «sobre el cual sigue existiendo la mayor oscuridad». Scrope había demostrado que las erupciones ocasionales en el centro de Francia habían, a todos los efectos, preservado algunas porciones de la superficie intactas en multitud de momentos diferentes de ese período; por lo tanto, razonaba Lyell, era «aun más importante» estudiar aquellas faunas terrestres que pudieran haber quedado preservadas por los mismos accidentes. Porque cualquiera que hubiera sido el modo en el que había cambiado la fauna en ese período, no pudo ser por una revolución cuveriana: el centro de Francia, al menos, había permanecido inmune a cualesquiera cambios físicos que pudieran

haber ocurrido en zonas de tierras bajas parecidas a la de París. Si el cambio biológico era, de hecho, tan lento y gradual como el geológico, habría que demostrar esta extensión de la doctrina de Playfair cubriendo la aparente laguna existente entre las faunas de los últimos estratos «regulares» —los estratos Terciarios de Cuvier y Brongniart, que rodeaban París, y sus equivalentes— y los actuales.

Cuando Lyell se lanzó a rellenar esta «página, hasta hoy prácticamente en blanco, de la historia de los seres animados», evidentemente estaba convencido de que se podía refutar el diluvio de Buckland y reescribir toda la geología sin necesidad de postular una revolución reciente. Incluso había esbozado un libro de divulgación acerca de la geología, que habría de propagar estas ideas, contrarrestando la maligna influencia de los «geólogos bíblicos», científicamente inaceptables. Siguiendo el ejemplo de Scrope y Fleming, la supuesta catástrofe podría ser «diluida», tomando prestado el tiempo necesario «de la antigüedad», hasta producir una larga sucesión de lentos procesos indistinguibles de los actuales.

En la zona central de Francia, Lyell descubrió que la evidencia de Scrope en favor de la lenta excavación de los valles, resultaba casi aplastantemente convincente: pero descubrió también que una rica fauna fósil recientemente descubierta por los naturalistas locales Croizet y Jobert, indicaba claramente una conclusión similar en lo referente a la historia de la vida. La fauna consistía en especies extintas de géneros aún vivientes —de hecho, era la fauna perteneciente a un clima más cálido «diluviano» de elefantes, rinocerontes, hipopótamos, hienas, tigres y así sucesivamente. No obstante, estaba enterrada debajo de materiales volcánicos en antiguas gravas fluviales, muy por encima del lecho actual del valle (fig. 4.3). Así, pues, siguiendo los criterios de Scrope, la

fauna era de una antigüedad inmensa; y esto implicaba que podría haber existido el tiempo suficiente como para que la fauna presente reemplazara a aquélla, tan lenta y gradualmente como habían sido excavados los valles **[183]** .

No obstante, todo proceso de sustitución gradual de la fauna planteaba el problema del origen de las nuevas especies. Lyell era perfectamente consciente de que Geoffroy había revivido recientemente la teoría de la transmutación de Lamarck; pero aunque un proceso gradual así podría haberle resultado atractivo como algo análogo a la lenta erosión de un valle, su punto de vista biológico era demasiado cuveriano como para que no tomara partido en favor de «aquellos fisiólogos más numerosos y más distinguidos» que se

«oponían a tal conjetura». Podría haber evitado pronunciarse, argumentando que las especies más nuevas habrían emigrado a Europa occidental tan gradualmente como se habían ido extinguiendo las especies «diluvianas»; pero esto sólo habría remontado el problema a un tiempo anterior, y hubiera resultado tan poco satisfactorio como explicación general del cambio en las faunas, como el razonamiento similar de Cuvier. La única alternativa que le quedaba consistía en asumir que cualesquiera que fueran los *medios* por los que se originaban las especies, sus orígenes eran tan fragmentarios como sus extinciones. Esta hipótesis preservaba la realidad de la especie como unidad fundamental, como exigían los principios biológicos cuverianos: pero, al mismo tiempo, ofrecía un modelo de cambio en la fauna conforme a los principios geológicos de Playfair.

Fig. 4.3. Sección transversal de parte del distrito volcánico del centro de Francia (1828), que muestra los lechos de grava (*Galets*) de varios

períodos, preservados gracias a haber sido cubiertos por la lava (*Basalte*) que fluyó varias veces valle abajo durante su erosión. Las líneas de puntos indican reconstrucciones de los perfiles del valle en diferentes etapas. Croizet y Jobert describieron una rica fauna de mamíferos procedentes de la grava de Pardines (E-C); Lyell, juzgando la subsiguiente erosión del valle, reconoció su relativa antigüedad y, con todo, los fósiles se correspondían con los de la denominada fauna «diluviana». Esto ayudó a confirmar su idea de que los cambios en las faunas habían sido relativamente graduales y no «catastróficos».

Con un proceso fragmentario de producción y extinción de especies individualmente estables, la composición específica global de las faunas variaría tan gradualmente con el transcurso del tiempo, como gradual era la excavación de un valle o la acumulación de estratos. Esto sugirió a Lyell la idea de que, del mismo modo que Scrope había utilizado los grados de excavación de los valles como una medida aproximada de las fechas relativas de sucesivos ríos de lava, él podía utilizar la composición específica de las faunas como guía de las fechas relativas de los estratos.

Esta posibilidad era de la mayor importancia. Si los fósiles eran capaces de suministrar un «cronómetro natural» del tiempo del Terciario (el propio Lyell evitaba utilizar esta frase, ya que había sido ampliamente empleada por De Luc), no sólo serviría para

rellenar paleontológicamente la «hoja en blanco», sino que también serviría para estimar una escala temporal con la cual evaluar el ritmo al que se producían los procesos geológicos. En otras palabras podría servir para «diluir» la aparición de cambios repentinos a gran escala, tanto biológica como geológicamente.

En Sicilia, esta interpretación encontró un apoyo que hizo que su expedición allí fuera la culminación de sus viajes. Confirmó, a su plena satisfacción, que el enorme volcán Etna se había formado por la acumulación gradual de sucesivas coladas de lava y deposiciones de cenizas, que no diferían en magnitud de las registradas en la historia, y en una escala temporal que debía haber sido inmensamente larga según el patrón humano. Y aun así, descubrió que el Etna se erguía sobre estratos que eran, según sus cálculos, extremadamente recientes geológicamente, ya que contenían una fauna compuesta casi exclusivamente de especies que vivían aún en el Mediterráneo (fig. 4.4).

Mas aún, estos estratos estaban enormemente elevados sobre el nivel del mar en el centro de la isla. De esto infirió no sólo que los propios estratos y su fauna enlazaban pulcramente la laguna que quedaba entre los estratos del presente y los sub-Apeninos del norte de Italia, sino también que había habido tiempo más que suficiente para que se hubieran visto elevados por un proceso tan gradual como la formación del gran cono del Etna. Se seguía de esto que tanto los cambios biológicos como los geológicos, podían haberse producido en el pasado por procesos de acción tan gradual como los existentes en nuestros días. Resultaba superfluo postular una revolución reciente en la historia de la Tierra: al menos en Sicilia podía mostrarse que el pasado se fusionaba insensiblemente con el presente [184] .

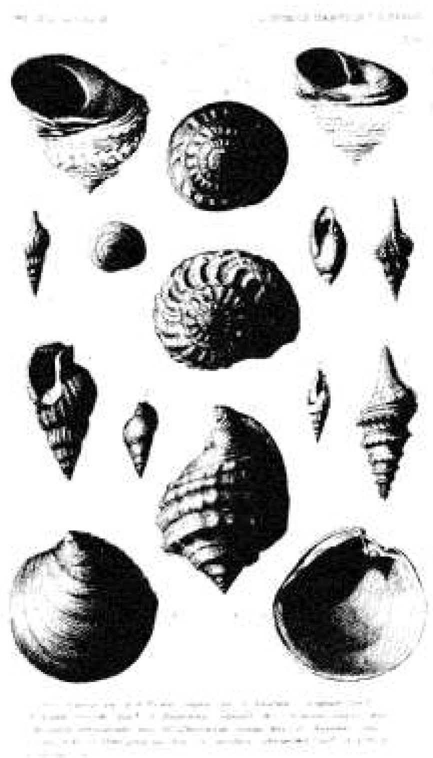


Fig. 4.4. Ilustraciones de Lyell (1833) 14 de algunas de las conchas de moluscos características de lo que él denominó el «Plioceno», basadas en las investigaciones del paleontólogo francés Deshayes. Con su alta proporción de especies aún supervivientes, la fauna de moluscos del Plioceno fue una parte esencial en el intento de Lyell de conectar el

presente con el pasado geológico mediante una continuidad de los procesos graduales.

«Los resultados de mi expedición a Sicilia han excedido mis mayores expectativas, en lo que a analogías modernas se refiere», escribía a Murchison tras su regreso a Nápoles; pero había llegado ya a una perspectiva de la geología que iba mucho más allá de una mera vindicación de las «causas actuales» como explicación de la historia pasada de la Tierra. El libro de divulgación que había esbozado anteriormente, pasó a ser descrito en términos mucho más ponderados: «Intentará establecer el *principio del razonamiento* en la ciencia» **[185]**. En realidad Lyell mencionaba *dos* principios radicalmente diferentes. El primero era el principio actualista de que los procesos que habían actuado en el pasado eran los mismos que actúan en el presente: ésta, por supuesto, es la actitud que había servido de guía a Scrope y Fleming entre otros. El segundo principio de Lyell era mucho más debatible en cuanto a sus implicaciones: que estos procesos «nunca actuaban con diferente grado de energía que el que muestran en nuestros días». Esta convicción surgía, naturalmente, de la comprensión por parte de

Lyell, en un área de vulcanismo activo y frecuentes terremotos, de que los procesos actuales eran mucho más potentes de lo que en general pensaban los geólogos que vivían en áreas más estables; y que, incluso los efectos más espectaculares como la elevación de los Alpes, podían haber sido logrados por procesos de la misma intensidad, partiendo de la larga escala temporal en favor de la cual disponía ahora de buenas evidencias concretas.

Pero, al eliminar así la necesidad de que *ningún* acontecimiento del pasado difiriera en carácter de los del presente histórico, Lyell había seguido los pasos de Playfair, del mismo modo que Playfair había seguido los de Hutton hasta una posición que entraba en irreconciliable conflicto con los puntos de vista de sus coetáneos. En efecto, había negado la validez de la evidencia en favor de un cambio direccional de la Tierra y de un cambio progresivo de la vida. Había sustituido el modelo direccional de la historia de la Tierra por un modelo estático similar al de Hutton. Con todo, no se vio forzado a adoptar esta posición tan sólo por la inexorable lógica de sus propias observaciones acerca de las «causas actuales». Por el contrario, le resultaba inherentemente atractiva ya que, al igual que Hutton, consideraba que un sistema estático era superior, tanto científica, como teológicamente: científicamente, porque alineaba la geología

con la prestigiosa ciencia de la astronomía, y teológicamente, porque un mundo en equilibrio perpetuo y armonioso podía demostrar la sabiduría de la Creación con mayor efectividad, en su opinión, que un mundo en el que pudieran visualizarse en el tiempo un comienzo y un final.

IV

El primer volumen del *Principles of Geology*, de Lyell, fue publicado poco más de un año después de su regreso a Inglaterra; y aunque transcurrieron otros tres años hasta que aparecieron los tres volúmenes, el propio Lyell hacía hincapié en que la obra en su totalidad constituía un único razonamiento enlazado[186]. Sus coetáneos tenían razón al considerarlo huttoniano, no sólo por ofrecer un modelo estático de la historia de la Tierra, con todas las connotaciones perpetualistas de un modelo así, sino también al considerar que sus intenciones explicativas eran tan extensas como los «sistemas» de Hutton y otros escritores del siglo XVIII. De hecho, el propio Lyell utilizaba con frecuencia la palabra «sistema» para describir su propio trabajo, a pesar de sus implicaciones especulativas; y su obra era, de modo explícito, un intento de reinterpretar la totalidad del conocimiento geológico y paleontológico. Para conseguir convencer a sus lectores de la validez de su reinterpretación, se vio obligado a utilizar el estilo más persuasivo posible. Sedgwick le criticó por utilizar «el lenguaje de un abogado», pero por contrario que fuera a los ideales supuestamente «baconianos» sobre

los que había sido fundada la Geological Society, era natural que Lyell hubiera enfocado el tema con la actitud del abogado que era.

Empezaba su caso con una visión retrospectiva de la historia de la ciencia, que utilizaba para respaldar la necesidad de una separación radical de la geología y todas las cuestiones acerca de la interpretación de las Escrituras. Habiendo así dispuesto de Buckland y de los aún menos recomendables «geólogos bíblicos» pasó a enfatizar la importancia de un adecuado sentido del tiempo en la geología; y sugería de qué modo, en ausencia de ese sentido, una sucesión de acontecimientos, perfectamente cotidianos, aparecería, inevitablemente, como algo repentino y catastrófico. Esto era, a todos los efectos, una crítica preliminar de las revoluciones cuvierianas. No obstante, tenía que minar seguidamente los elementos básicos del modelo direccional de la historia de la Tierra y, en este terreno, como él mismo podía advertir, se enfrentaba a las «objeciones de mayor peso» de una proporción mucho mayor de sus colegas científicos. En primer lugar, atacó los argumentos paleontológicos que el joven Brongniart y otros muchos habían utilizado para apoyar el modelo de una Tierra en enfriamiento gradual. Al contrario que Fleming, no conseguía creer ya que la evidencia de cambios climáticos fuera totalmente ilusoria; pero podía encontrarle explicación en el marco de

una Tierra en estado estático, aprovechando los resultados de la investigación en la geografía física. Éstos mostraban que los climas locales dependían tanto de las circunstancias geográficas de las masas continentales, los vientos y las corrientes oceánicas, como de la latitud. Por consiguiente, si la geografía física de una región dada había cambiado radicalmente por acción de procesos geológicos, esa región habría experimentado muchos climas diferentes en el transcurso del tiempo. Así, el norte de Europa podría, en efecto, haber sido tropical en el período Carbonífero, como infería Brongniart; pero esto no podía aceptarse como evidencia de que todo el globo hubiera sido más cálido en aquella época.

La segunda objeción a su sistema a la que Lyell tuvo que enfrentarse desde el principio, fue, por supuesto, la evidencia paleontológica en favor del «progreso» de la vida. Con gran audacia —o insensatez— argumentaba que ésta, que sus contemporáneos consideraban una de las generalizaciones más firmemente establecidas de la paleontología, no era más que una ilusión. La aparición, por ejemplo, de mamíferos posteriores a los vertebrados «inferiores» se debía, simplemente, a los accidentes de preservación. En su razonamiento, la mayor parte de los mamíferos eran terrestres y, por consiguiente, no tenían muchas posibilidades de quedar preservados; e incluso los mamíferos de Stonesfield podrían ser reinterpretados, como prueba de que había habido *algunos* mamíferos en el Secundario. Por contra, argumentaba que el período Secundario *parecía* ser la era de los reptiles, simplemente porque en su mayor parte eran formas marinas y, por consiguiente, era más fácil su preservación. Tan sólo

para el Hombre aceptaba Lyell la interpretación convencional; pero al afirmar que el origen reciente del hombre era un acontecimiento nuevo sólo a nivel «moral» (esto es, mental), podía negar que esto fuera evidencia en favor de un «sistema progresivo».

Sembrada la semilla de la duda en las mentes de aquellos que consideraban que la teoría direccional estaba bien establecida, la siguiente fase para Lyell consistía en demostrar que los agentes actuales del cambio, geológicos y biológicos, eran sobradamente poderosos para haber logrado todos los efectos observados en el pasado, sin necesidad de postular ni sucesos ocasionales de mayor intensidad ni la disminución global o gradual de su intensidad. Para su análisis de los procesos geológicos recurrió con frecuencia a los ejemplos de von Hoff, pero exponiéndolos de modo que subrayaran el *equilibrio* entre fuerzas opuestas. Así, los poderes de erosión gradual se veían equilibrados por los de la deposición, y los de las erupciones volcánicas y la elevación sísmica, por los hundimientos sísmicos. De

este modo, podía argumentar que el estado físico de la superficie de la Tierra era de equilibrio dinámico: los rasgos de la geografía física cambiaban continuamente, pero la Tierra, como un todo, podría haber permanecido, esencialmente, en el mismo estado.

Después había que aplicar el mismo modelo de equilibrio dinámico a los fenómenos de la vida. No obstante, Lyell tenía que empezar por establecer que las especies podían ser consideradas unidades reales, con el fin de estimar los cambios en el mundo de la vida. Tuvo que realizar una extensa crítica de la teoría evolutiva de Lamarck —la *Zoological Philosophy* acababa de ser reeditada por el interés de Geoffroy en la cuestión—

, ya que ponía en duda los cimientos mismos de su propio trabajo. En todo caso, se inclinaba a creer en la estabilidad de las especies sobre bases cuvierianas y ecológicas; pero haber admitido que las especies eran irreales y que los organismos estaban en un estado de flujo constante, hubiera minado la validez de su «cronómetro natural», sobre el que, a su vez, había de basarse su demostración acerca del estado estacionario de la historia de la vida. Era, por consiguiente, esencial que lograra demostrar que aunque los individuos varían en forma y hábitos, existían límites reales a la variabilidad de una especie, y no una «capacidad indefinida de variación a partir del tipo original».

Habiendo establecido «que las especies tienen una existencia real en la naturaleza», aplicó seguidamente su concepto de una geografía física en cambio continuo para demostrar que era inevitable que llevara a un modelo de variación perpetua de las circunstancias ecológicas. Esto, a su vez, implicaba cambios continuos en la abundancia local de ciertas especies y, por ello, podía llevar en ocasiones (como había sugerido Fleming) a la total extinción de algunas especies.

No obstante, si la extinción fragmentaria de especies formaba así «parte del funcionamiento constante y regular de la naturaleza», tenía que considerar

seguidamente, si existían medios para reparar esas pérdidas. Si el mundo de la vida, como su entorno físico, estaba en un estado de estabilidad dinámica, la extinción de las especies tendría que verse equilibrada por un proceso correspondiente de producción fragmentaria de nuevas especies. En este punto, la motivación metafísica de su sistema pasaba a primar incluso sobre sus principios metodológicos: no consiguió evidencias actualistas de ningún tipo de la existencia de un proceso similar de producción de especies en el

presente. Se vio obligado a rehuir la cuestión, afirmando que un acontecimiento tan infrecuente probablemente jamás hubiera sido observado en el breve espacio de la historia humana —aunque éste era precisamente el argumento utilizado por sus oponentes para explicar las revoluciones repentinas. Posteriormente, Lyell dijo que había dejado abierta la inferencia de que las especies nuevas eran

«creadas» por algún proceso desconocido, tan *natural* y «secundario» en carácter como el proceso de extinción (significado bastante común de «creación» en aquella época) **[187]**:

desde luego implicaba que se habían producido nuevas especies, del mismo modo en que se habían extinguido otras, de modo fragmentario tanto en el espacio como en el tiempo. También implicaba que, en comparación con la duración en el tiempo de una especie, su «creación» era un acontecimiento relativamente repentino; y que, una vez creada, su organización se mantenía necesariamente estable, en sentido adaptativo, hasta que, más pronto o más tarde, se extinguía. Así, aunque Lyell se vio obligado a dejar sin resolver el rompecabezas de la naturaleza exacta de la «creación» de especies, podía integrar el hecho indudable de que sucedía en un modelo de cambio orgánico paralelo a su modelo de cambio geológico. Tanto el mundo físico como el mundo de la vida se encontraban en un estado de estabilidad dinámica, con procesos opuestos en perpetuo equilibrio, cuando menos a escala global.

Este modelo, con todo, había sido razonado sobre la base de lo que *debería* ser, dados los procesos que pueden observarse en el presente. Quedaba aún por demostrar que las evidencias positivas del pasado confirmaran que, en efecto, las cosas *habían* sucedido así. El estudio de los procesos actuales era, en palabras de Lyell, «el alfabeto y la gramática de la geología»: pero el objetivo de aprender éstos era poder descifrar el

«lenguaje» en el que la naturaleza había escrito los registros del pasado, y por consiguiente, poder comprender la historia de la Tierra y de la vida. Con todo, para leer adecuadamente estos registros, era esencial aprender el lenguaje «correcto». En otras palabras, Lyell tenía que mostrar que el registro fósil de los vertebrados terrestres, sobre el que se basaba fundamentalmente el modelo «progresivo» de la historia de la vida, era de hecho muy poco fiable, debido a lo azaroso de la fosilización; y argumentaba que los moluscos marinos, con su grado de preservación media mucho más consistente, suministraban la indicación más fiable del ritmo y la naturaleza del cambio orgánico (fig. 4.4).

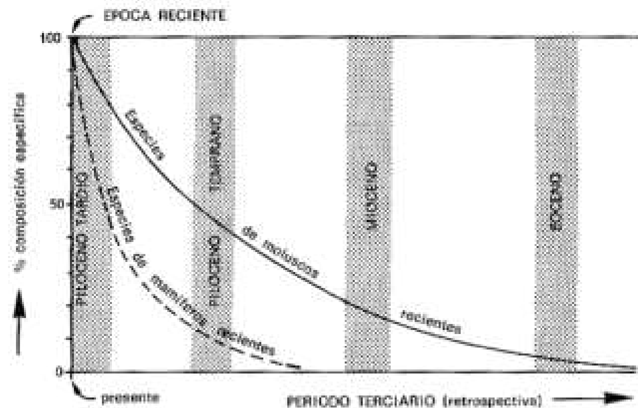


Fig. 4.5.A. Interpretación gráfica de la cronología de Lyell del período Terciario en la historia de la Tierra, basada en su hipótesis de una tasa de cambio orgánico totalmente uniforme. El orden temporal de las formaciones conocidas del Terciario («Eoceno», «Mioceno», etc.) y el intervalo no registrado entre ellas derivan del empleo por parte de Lyell del porcentaje de especies de moluscos sobrevivientes en cada fauna como índice de su edad (la utilización de una curva de supervivencia en este diagrama está justificada por la frecuente referencia de Lyell —y su evidente comprensión— al análisis del censo contemporáneo). Lyell pensaba que la tasa de cambio de las faunas de mamíferos era demasiado rápida para ser empleada en este sentido.

Los moluscos fósiles, «el carácter demótico en el que la Naturaleza se ha complacido escribiendo todos sus documentos más curiosos» [188] , se convertían así en la base de la reconstrucción de Lyell del período Terciario. (Presumiblemente, siguiendo su metáfora egiptológica, Cuvier y sus seguidores podían quedar a cargo del lenguaje más espectacular, pero también más críptico y problemático de los vertebrados). Una vez establecida la posibilidad de un *ritmo* global uniforme(35) de cambio en el mundo orgánico, los diversos depósitos Terciarios podían ser datados cuantitativamente con su

«cronómetro natural», según el número de especies existentes que contuvieran. Lyell distinguía arbitrariamente cuatro períodos diferentes de tiempo Terciario con depósitos conocidos pero, por implicación, existían enormes períodos de tiempo entre ellos, carentes de representación alguna en ningún estrato descubierto (fig. 4.5 A).

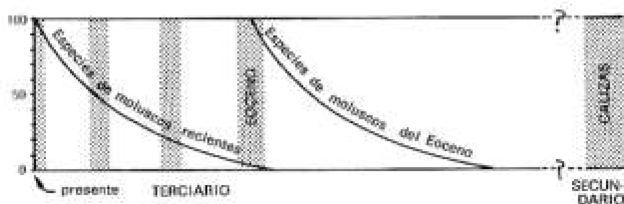


Fig. 4.5.B. Un diagrama similar para ilustrar la inferencia de Lyell de que la discontinuidad en la fauna entre los estratos más viejos del Terciario y los más jóvenes del Secundario (Secy.) representaba un intervalo de tiempo, no registrado, tan largo al menos como el Terciario, durante el cual había habido un cambio total de especies de moluscos. Esta interpretación le permitió eliminar las evidencias en favor de cualquier suceso

«catastrófico» durante este intervalo.

Esto era de por sí importante, dado que destacaba el carácter extremadamente fragmentario del registro fósil, y por consiguiente, dejaba abundancia de espacio para

«diluir» la elevación, aparentemente repentina, de las montañas y las discontinuidades en las faunas utilizadas por Élie de Beaumont. Por ejemplo, Lyell interpretaba la aparente discontinuidad en las faunas entre los estratos más jóvenes del Terciario y los más viejos del Secundario (es decir, entre las Gredas y el Eoceno) como resultado de un período de tiempo no registrado *más largo* que el que separa el Eoceno del presente (fig.

4.5 B); y esto eliminaba limpiamente toda base para postular una súbita elevación de los Pirineos en el transcurso de tal intervalo.

Con todo, Lyell recolectó evidencias de que el carácter y la escala de los procesos geológicos no habían sido diferentes en sus porciones preservadas de tiempo geológico(36) a los observables en el presente. Esto demostraba, en su opinión, que su modelo de estado estacionario era válido al menos para la totalidad del Terciario; y un breve examen de los estratos Secundarios sugería que también se aplicaba a ellos. Para las rocas supuestamente primarias, Lyell intentó, audazmente,

desfondar el registro

«progresivo» de la vida sugiriendo que eran rocas no fosilíferas no porque fueran anteriores a la aparición de la vida, sino porque habían sido alteradas por el

«metamorfismo», y sus fósiles, por consiguiente, destruidos. Podía así concluir su razonamiento en tres volúmenes con la aseveración de que, al igual que en el espacio,

«también en el *tiempo*, los confines del universo yacen más allá del alcance de los mortales», y que la geología, como la astronomía, suministraba, por lo tanto, un incalculable número de ilustraciones(37) de la ubicuidad de un sabio diseño.

V

Resulta imposible comprender la influencia de los *Principles* de Lyell sin empezar por reconocer los tres elementos implícitos en su síntesis. El primero de ellos fue su *política*(38) actualista de la interpretación geológica, en la que hacía explícitamente hincapié al subtitular su obra «un intento de explicar cambios anteriores en la superficie de la Tierra por referencia a las causas que actúan en nuestros días». Con todo, como hemos visto, todos los colegas geólogos de Lyell, sin excepción estaban de acuerdo en que esta política era deseable. Por ello, no resulta sorprendente que en términos generales dieran la bienvenida a la convincente demostración de Lyell de que muchos de los fenómenos de la geología y la paleontolgía podían explicarse de modo razonable en términos actualistas: por ejemplo, Conybeare era de la opinión de que, en este aspecto, el trabajo de Lyell era «suficiente, por sí mismo, para dar paso a una era prácticamente nueva en el desarrollo de nuestra ciencia»[189]. Si tenían alguna reserva, esto obedecía a que dudaban que todos los fenómenos pudieran ser explicados de este modo, y porque sentían que algunos de ellos (en especial aquellos que fueron posteriormente interpretados como de origen glacial) podrían requerir explicaciones en términos de unas «causas» distintas a las observables en acción.

Lo que es más, no se les había pasado por alto que el propio Lyell había tenido singularmente poco éxito al aplicar la política del actualismo al más desconcertante de los fenómenos paleontológicos, la aparición de nuevas especies, faunas y floras dentro del tiempo geológico. Éste era el único fenómeno que, al parecer de algunos críticos, estaba «mucho más allá del alcance de cualquier ley conocida de la acción de la fisiología» y era, por lo tanto, una «notable

excepción» a la adecuación general de las causas actuales; y fue el único por el que el amigo de Sedgwick, William Whewell (1794-1866), se sentía tentado a adoptar la posición de que podría estar implicada una

«manifestación directa del poder divino» [190] . En cuanto a todos los demás fenómenos, incluso los de carácter más espectacular, se aceptaba que debían obedecer a causas puramente naturales: incluso aunque, como la repentina elevación de cadenas montañosas, no fueran observables en el presente, eran explicables, en principio, en términos de «leyes» físico-químicas o biológicas ordinarias. Como comentaba Conybeare, «ningún verdadero filósofo» (esto es, en términos modernos, ningún científico) dudaba que los procesos geológicos del pasado habían sido idénticos, al menos en *tipo* a aquellos que actuaban en el presente [191] .

El segundo elemento del razonamiento de Lyell era más discutible. Éste era su énfasis en la naturaleza invariablemente gradual de los cambios geológicos y biológicos.

De hecho, las explicaciones de Lyell tendían a ser «graduales» en el sentido original, no

en el moderno, de la palabra: se suponía que muchos cambios se habían producido por una sucesión de pasos pequeños pero repentinos, y no de un modo insensible. Así, las montañas se habrían elevado, según Lyell, por una larga sucesión de terremotos repentinos, y las nuevas faunas hacían su aparición por medio de una larga sucesión de

«creaciones» y extinciones de especies individuales. Lyell no ponía objeción alguna a los cambios súbitos como tales, siempre y cuando no sobrepasaran en intensidad a los que podían probarse por medio de los registros históricos. No obstante, esta aplicación tan estricta del método actualista entraba obviamente en conflicto con el punto de vista de muchos de sus contemporáneos, que cuestionaban que el período de vida, extremadamente corto, de la historia humana pudiera ser legítimamente empleado como guía para la totalidad de la historia de la tierra. Para Sedgwick, por ejemplo, la idea de Lyell de que los procesos del presente eran «no sólo del tipo, sino de la intensidad» de todos los del pasado, era «una hipótesis totalmente gratuita». Reposaba, en efecto, en una confusión filosófica básica entre «las leyes inmutables y primarias de la materia» —que, sin duda, habían sido constantes en el tiempo— y «los resultados mutables que surgen de su combinación irregular» [192] . Así, Sedgwick contrastaba la base

teórica del trabajo de Lyell, desfavorablemente, con la de Élie de Beaumont, dado que las conclusiones de éste, en su opinión parecían surgir de los propios fenómenos y no de supuestos *a priori*. Sedgwick no se vio obligado a respaldar las teorías de Élie de Beaumont debido a un sentido inadecuado del tiempo geológico: «De un elemento como el tiempo pasado», decía, «cualquier persona puede apropiarse con nuestra aprobación». No obstante, el fenómeno de las rocas violentamente plegadas de las cadenas montañosas y de las abruptas discontinuidades en las faunas del registro de estratos, indicaban, en su opinión, que «largos períodos de un relativo reposo» se habían visto puntuados por ocasionales «períodos de extraordinaria energía volcánica».

No obstante, el elemento más contencioso del trabajo de Lyell fue el tercero, y fue en torno a éste donde perdió el apoyo incluso de amigos como Scrope. Al defender un sistema de estado estacionario para la historia de la Tierra y de la vida, Lyell tenía que enfrentarse a toda la evidencia establecida, tanto física como paleontológica. Como señalaba Sedgwick, esta evidencia apuntaba evidentemente a un enfriamiento gradual del globo, para el cual John Herschel (1792-1871), astrónomo, había ofrecido una explicación físicamente plausible en términos de una disminución de la excentricidad de la órbita de la Tierra [193] . Scrope, al igual que Sedgwick, señalaba que la

«invariabilidad general» de las leyes de la naturaleza no se vería violada en modo alguno por creer que la Tierra «habría pasado por varias fases progresivas de existencia»; si la historia de la Tierra se había ajustado a la visión de Lyell, o si por el contrario había sido de carácter direccional, era algo que había que establecer a partir de la evidencia, y en opinión de Scrope, ésta estaba a favor de la segunda opción. La explicación «metamórfica» dada por Lyell a los tipos de rocas exclusivamente

«Primarias», como el gneis y los esquistos, era ingeniosa, pero en opinión de Scrope era más probable que se hubieran formado en unas condiciones físico-químicas específicas del estado caliente de la Tierra en aquel primitivo período [194] . En lo que se refiere al rechazo de Lyell de la evidencia fósil en favor de la progresión, muchos críticos opinaban que implicaba argumentos altamente dudosos, que difícilmente se sostenían ante la continua acumulación de investigaciones paleontológicas.

En relación con la investigación realizada en los años 1830, por lo tanto, la gran síntesis de Lyell resultaba tan inoportuna por su teoría

del estado estacionario como lo era(39) por el énfasis que ponía en las comparaciones actualistas con el presente y en la naturaleza relativamente gradual de muchos procesos geológicos. Con todo, si bien esto ayuda a explicar la división de opiniones con la que fueron recibidos sus *Principles*, no explica por completo el hecho de que el trabajo de Lyell tuviera tan enorme influencia, ni tampoco el hecho de que, más entrado el siglo, su publicación pareciera, retrospectivamente, un hito decisivo en el progreso de la ciencia hacia el darwinismo.

En lo que se refiere al contenido técnico de su trabajo, Lyell era de hecho, un personaje insólito en la comunidad geológica de los años 1830, y en algunos aspectos, llegó a serlo aún más con el paso de los años. Y con todo, en el seno de un debate intelectual más amplio, su trabajo se convirtió en un ejemplo paradigmático de la aplicación del «principio de la uniformidad» al mundo de la naturaleza. La discrepancia entre estos dos niveles del debate se debía, sobre todo, a la confusión de Lyell —ya fuera consciente o no— entre varios significados diferentes de «uniformidad». Al defender lo que Whewell, con total falta de elegancia, calificó de «uniformismo», en otras palabras, su teoría de un sistema de estado estacionario sin grandes «catástrofes», Lyell estaba convencido de que se estaba oponiendo a explicaciones que «ponían fin a toda ulterior investigación», al situar la causa de acontecimientos pasados más allá del alcance de la ciencia, es decir, atribuyéndoselos a un agente sobrenatural. Así pues, la uniformidad de su imagen de la historia de la Tierra estaba uncida, no sólo a la uniformidad metodológica, que implica la comparación del pasado con el presente, sino también a aquella metafísica «uniformidad fundamental de la naturaleza» que era la única que podía garantizar la autonomía intelectual de la propia ciencia.

La confusión creativa de Lyell acerca de la «uniformidad de la naturaleza» hizo que las sucesivas ediciones de los *Principles* fueran más leídas, y con mayor entusiasmo, de lo que podría sugerir su elaborada argumentación técnica. La popularidad del trabajo se debió sin duda en parte al interés generalizado por la geología, y al estilo literario atractivo y agradable de leer de Lyell; pero, por encima de todo, el libro era considerado como un formidable apoyo científico a una posición intelectual mucho más amplia. Los *Principles* no sólo minaban la credibilidad de los intentos por «reconciliar» la geología y las Escrituras; mas fundamentalmente, el trabajo de Lyell parecía vindicar un programa intelectual que no admitía más causas que las clara y distintivamente naturales.

Las reacciones del joven Charles Darwin (1809-82), al impregnarse del trabajo de Lyell durante el viaje del *Beagle* resultan instructivas en este sentido. La mente de Darwin no tenía nada de *tabula rasa* en lo que a la geología se refería, cuando partió hacia Sudamérica con el primer volumen de los *Principles* a bordo. Había recibido un

«cursillo acelerado» de geología del que probablemente fuera el mejor profesor de Inglaterra, Adam Sedgwick, y había aprendido las técnicas de esta ciencia con tan buenos resultados que, incluso antes de su retorno del viaje, sus observaciones eran tratadas con el mayor respeto por geólogos mucho más experimentados que él. Y fue precisamente debido a que el viaje le hizo experimentar personalmente la existencia de fenómenos más grandiosos que los que había visto hasta el momento, por lo que es perfectamente natural que los razonamientos de Lyell le resultaran convincentes.

Cuando llegó a Chile y encontró antiguas playas con conchas marinas a varios cientos de metros por encima del mar, las interpretó inmediatamente en términos de una elevación gradual (por pasos) de los Andes; y mientras aún permanecía en las inmediaciones, vio de hecho su hipótesis confirmada por el desastroso terremoto de 1835, que elevó un poco más la costa. Sus cartas a Cambridge (que, publicadas en su ausencia fueron su primera publicación científica) **[195]** despertaron un gran interés, y no sólo porque aportaron evidencias acerca de la elevación gradual —que aún continúa—

de los Andes, sino que sembraban dudas acerca de la teoría de Élie de Beaumont, sobre una elevación paroxística. En aquella teoría, se habían mencionado específicamente la elevación súbita de los Andes como causa posible de la ola de marea «diluviana» y del último gran episodio de extinción masiva. Reinterpretar los Andes en términos lyellianos era, por consiguiente, una sugerencia con implicaciones de enorme alcance.

Del mismo modo, es sintomático que en el momento en que Darwin vio los arrecifes de coral que rodeaban algunas de las islas del Pacífico, los interpretara, tanto a éstos como a los verdaderos atolones, como *etapas* diferentes de un único proceso de hundimiento —un tipo de interpretación que más tarde habría de aplicar al problema de la especiación. De hecho, fue más allá en el terreno lyelliano que casi cualquier otro geólogo de su época, al interpretar el fenómeno de las islas oceánicas, no sólo en términos de una elevación o depresión graduales, sino también en términos del movimiento equilibrado de masas de la corteza terrestre. Algunos segmentos de la corteza oceánica, en su opinión, se estaban hundiendo, mientras que

otros, simultáneamente, se elevaban [196] . Con todo, aunque al hacer esto aplicaba una teoría de estado de equilibrio lyelliano a fenómenos ni siquiera abordados así por Lyell, Darwin no siguió a éste en un aspecto fundamental. En su opinión, Lyell tenía razón al subrayar la naturaleza fragmentaria del registro fósil, pero jamás aceptó la explicación

ideada por Lyell para poder descartar toda evidencia de la progresión de la vida. Al contrario que Lyell, Darwin decidió que si bien la Tierra podía tener una historia lyelliana(40), la historia de la vida podría haber incluido el desarrollo gradual de organismos

«superiores»

(aunque

sin

ninguna

tendencia

intrínsecamente

«progresista»). En términos de las teorías actuales, podría decirse con justicia que Darwin consiguió así lo mejor de dos mundos— posición que no careció de importancia para su trabajo sobre el problema de las especies.

No obstante, no fueron sólo los nuevos e impresionables adeptos a la ciencia, como Darwin, quienes estaban de acuerdo con Lyell en subrayar la gradualidad de los cambios en la historia de la Tierra y de la vida. Incluso aquellos que estaban fundamentalmente en desacuerdo con su teoría del estado estacionario, podían, aun así, dar la bienvenida a su demostración de la naturaleza gradual de muchos cambios, en especial de aquellos de las épocas más recientes de la historia. De hecho, en este aspecto, Lyell no hacía más que articular, en el seno de una síntesis de un alcance excepcionalmente amplio, una sensación cada vez más generalizada entre los geólogos.

Por ejemplo, el fechado relativo de los depósitos Terciarios y, de ahí, la subdivisión del período Terciario por medio de las proporciones relativas de especies de moluscos existentes, es un caso especialmente representativo de descubrimiento simultáneo.

Cuando Lyell hizo un alto en París en su regreso a Sicilia, con su idea

totalmente desarrollada en mente, descubrió que Paul Deshayes (1796-1875), el mayor especialista en conchas de Europa, había llegado ya a la misma conclusión; mientras que el brillante y joven paleontólogo de Heidelberg, Heinrich Georg Bronn (1800-62), había dado fin ya, independientemente, a un análisis similar, pero mucho más sofisticado de las faunas fósiles de todas las eras [197]. Tras los análisis de los tres estaba la creencia de que los cambios en las faunas eran, al menos en términos generales, de carácter fragmentario y gradual, y no repentinos y abruptos.

Esta creencia era compartida incluso por aquellos que consideraban que los procesos geológicos podrían haber sido más intensos en los períodos más antiguos de la historia de la Tierra. Sedgwick, por ejemplo, que a menudo es etiquetado como «catastrofista», utilizó, de hecho, su discurso presidencial a la Geological Society, inmediatamente anterior a la publicación de los *Principles* de Lyell, como ocasión de hacer hincapié en la acumulación de evidencias en favor de la naturaleza *gradual* de las transiciones de una fauna a otra; y él y Murchison creían haber descubierto en los lechos de Gosau, cerca de Salzburgo, una muestra de esos estratos intermedios «que podrían a partir de hoy, cubrir la laguna» entre las series Secundarias y Terciarias —que seguía siendo una de las «lagunas» más desconcertantes entre las conocidas. Sedgwick llegaba incluso a citar un ejemplo de una discontinuidad aparentemente abrupta —la existente entre los yacimientos de carbón y el Lías en el oeste de Inglaterra— específicamente para

demostrar que *no* era el resultado de «algún breve período de confusión» seguido de

«un nuevo *fíat* de poder creativo», sino que se debía simplemente a la ausencia local de estratos intermedios y de faunas cada vez mejor conocidas en otros lugares [198].

Sedgwick no rechazaba ni la posibilidad de episodios paroxísticos ocasionales ni la necesidad de invocar el «poder creativo» para el origen de las especies individuales; de hecho, se deshacía en alabanzas hacia el trabajo de Élie de Beaumont, y consideraba que las ideas de la generación espontánea o de la transmutación de las especies, con «su cohorte de monstruosas consecuencias» (es decir, de materialismo), eran absolutamente inaceptables. Pero su posición ilustra hasta qué punto un geólogo con principios conscientemente empiristas podía estar de acuerdo con el hincapié hecho por Lyell en los cambios graduales, oponiéndose simultáneamente a cualquier «ley de la continuidad» *a priori*, y reservándose el derecho de postular alguna

alteración ocasional de la «continuidad» siempre que los fenómenos implicados parecieran exigirlo.

VI

Sólo cuando su idiosincrático concepto de «uniformidad» llevó a Lyell a defender un sistema de estado estacionario, Sedgwick se sintió obligado a criticar sus trabajos con cierta aspereza. Ésta estaba justificada no sólo porque la teoría de Lyell ignorara todas las evidencias geofísicas en favor del origen fluido de la Tierra, sino también porque las investigaciones del momento sugerían, cada vez con mayor nitidez, que la «progresión»

de la vida distaba mucho de ser la ilusión que Lyell afirmaba. Es irónico que el último y culminante volumen de los *Principles*, de Lyell, en el que se exponía su sistema de estado estacionario en referencia a las evidencias positivas de la historia de la Tierra, se publicara pocos días después de que Murchison presentara ante la Geological Society una exposición preliminar de su trascendental trabajo acerca de la Frontera Galesa: porque fue este trabajo, más que ningún otro, el que habría de minar de modo decisivo la credibilidad de la teoría del estado estacionario de Lyell.

Llamar a este trabajo «trascendental» no es sólo una metáfora históricamente justificable; es también un justificable juego de palabras, ya que, literalmente, convirtió en nuevas épocas de la historia lo que hasta el momento no había sido más que un confuso complejo de rocas llamadas de Transición. Werner había reconocido hacía ya tiempo que debería existir una serie de rocas «de transición», que contendrían pocos restos fósiles, entre las rocas totalmente carentes de ellos o Primarias, y los ordenados y a menudo altamente fosilíferos estratos Secundarios; pero los estratos de Transición resultaban difíciles de desenmarañar, debido a los plegamientos y las fallas, y habían sido poco aclarados. No obstante, siguiendo una sugerencia de Buckland, Murchison tuvo la buena suerte de hallar, en 1831, un área en la que podía seguirse la pista a la sucesión conocida de estratos Secundarios, hacia abajo, desde la Old Red Sandstone

hasta las rocas de Transición. Estas rocas de Transición resultaban, además, relativamente fáciles de descifrar: estaban poco alteradas, poco más plegadas que los estratos Secundarios del área clásica de Smith y, por encima de todo, contenían abundantes fósiles bien preservados. Fue el contenido en fósiles de estos estratos lo que permitió a Murchison demostrar, no sólo que los métodos de Smith eran aplicables a las rocas de Transición, sino también que los estratos de Transición representaban una época de la historia de la Tierra tan

importante como la «era de los mamíferos»

desvelada por los trabajos de Cuvier.

Murchison decidió llamar «Silúricos» a los estratos por él estudiados, tomando el nombre de la tribu que habitaba la zona fronteriza de Gales en tiempos de los romanos.

Al definir los estratos en términos de un área, más que referirse a un tipo distintivo de roca (como Carbonífero o Cretácico) estaba implicando que eran los fósiles, y no la litología, lo que se debería utilizar como criterio último para definir las grandes series de estratos. En cierta medida esto era un juicio basado en la experiencia: descubrió, por ejemplo, que la conocida Caliza de Wenlock no llegaba, como formación, hasta el Sur de Gales, y aún así, sus fósiles, o muchos de ellos, aparecían allí en el lugar correcto de la sucesión. Pero también reflejaba la convicción de Murchison de que el registro estratigráfico contenía una crónica razonablemente completa de la historia de la vida, mientras que los sedimentos en los que quedaban enterrados los fósiles tenían que deber su formación a causas mucho más localizadas. Fue esta convicción lo que otorgó a la fauna del Silúrico su gran importancia teórica.

La fauna era de origen claramente marino: había corales, que en algunos lugares formaban incluso masas similares a arrecifes; había trilobites —artrópodos con grandes ojos compuestos, pertenecientes a un grupo aparentemente extinto— y había abundancia de representantes de varios grupos, como los crinoideos y los braquiópodos, que tenían representantes vivos, si bien escasos, en los mares presentes.

No obstante, a pesar de algunos fragmentos oscuros de peces en los estratos más jóvenes, era una fauna compuesta exclusivamente de invertebrados. Lo que es más, aunque los sedimentos sugerían una deposición en mares cálidos y poco profundos, no lejos de la costa no había indicio alguno de plantas terrestres. Parecía cuando menos dudoso explicar estos hechos, para eliminarlos, al modo lyelliano, como resultado de una no preservación diferencial: una interpretación mucho más plausible y directa era que los estratos Silúricos se habían formado en una época anterior a la aparición de los vertebrados y la vegetación terrestre.

Esta conclusión habría sido precaria si se hubiera basado sólo en un estudio de la frontera de Gales, pero, de hecho, su validez se vio fortalecida año tras año al seguir el propio Murchison el rastro a los

estratos Silúricos hasta el suelo de Gales, y al ser

reconocida la fauna Silúrica por otros geólogos del continente. Tras su primer trabajo, Murchison describió los resultados preliminares en la reunión inaugural de la British Association for the Advancements of Science. Éste era un «grupo de presión»

explícitamente formado, como implica su título, para favorecer el reconocimiento de las ciencias y los intereses de los científicos en una Gran Bretaña que seguía despreciando aún, oficial y culturalmente, la ciencia y sus aplicaciones potenciales. Tras unos comienzos un tanto delicados, las reuniones de la Asociación se convirtieron rápidamente en un foro de discusión científica de muy alto nivel: a su Sección Geológica, por ejemplo, asistían año tras año la mayor parte de los grandes geólogos británicos, distinguidos hombres de ciencia extranjeros, y científicos cuyos intereses básicos pertenecían a otros campos de la ciencia. Lo que es más, al reunirse cada año en una ciudad diferente fuera de Londres, la Asociación hizo mucho por contrarrestar la tendencia a la concentración metropolitana de la vida intelectual, y por reclutar una amplia gama de talentos de aficionados al estudio de la ciencia —reclutamiento que resultaba particularmente importante para una ciencia como la geología, que dependía mucho de los conocimientos locales detallados.

El ulterior desarrollo del trabajo de Murchison refleja también el panorama científico de la época. Tras una segunda etapa de trabajo de campo, anunció de modo más formal, en esta ocasión en un trabajo dirigido a la Geological Society, su descubrimiento de una fauna distintiva en una extensa serie de estratos de Transición subyacente a la Old Red Sandstone. El nombre «Silúrico» fue empleado por vez primera dos años más tarde, en una de las revistas mensuales de ciencia que en aquel período (como *Nature* en el nuestro), suministraban una forma rápida de publicación [199] . No obstante, la publicación total del trabajo se vio más retrasada, en parte porque tuvo que esperar a que sus colaboradores paleontólogos completaran su análisis detallado de la fauna del Silúrico, y en parte debido a que la publicación de grabados de fósiles, secciones estratigráficas y mapas, constituían una empresa costosa, y sólo podía llevarse a efecto solicitando suscripciones previas a la publicación de los hombres de ciencia, de la nobleza y las clases acomodadas de «Siluria».

El retraso, con todo, no careció de compensaciones. Para cuando apareció al fin su suntuosa monografía, *The Silurian System* en 1839 [200] , Murchison tenía buenos motivos para creer que el Silúrico no era simplemente una serie de estratos locales, sino un

«sistema» de validez probablemente mundial. La fauna Silúrica había sido reconocida por los geólogos de toda Europa, desde Escandinavia hasta los Balcanes. Darwin había recolectado fósiles Silúricos cuando el *Beagle* visitó las islas Falkland, y Herschel había enviado especímenes similares desde Cape Colony, donde estaba observando las estrellas del Hemisferio Sur. Por encima de todo llegaban continuos informes acerca de enormes extensiones de estratos, prácticamente planos y sin alterar, que contenían

fósiles Silúricos procedentes de Norteamérica, especialmente los de Timothy Conrad, el paleontólogo oficial de la prospección del Estado de Nueva York [201] .

No obstante, el éxito mismo del concepto «Silúrico» podría haber planteado problemas teóricos. La relativa uniformidad de la fauna Silúrica en lugares tan dispersos del globo, contrastaba llamativamente con la gran diversidad regional y climática de las faunas Terciarias y las vivientes. Pero, en la interpretación de este contraste «el geólogo», escribió Murchison, «no se ve maniatado por las condiciones actuales» —una crítica, por supuesto, de los principios rigoristas de Lyell. Si la fauna Silúrica era uniforme en su composición, y de ahí, implícitamente, en cuanto a su medio ambiente, esto constituía un hecho que había que explicar, no que ignorar. «Parece una inferencia justa», argumentaba Murchison, «que como quiera que lo expliquemos, debía prevalecer *entonces* una temperatura generalmente más templada». Una explicación satisfactoria de esto era lo que procedía de la teoría geofísica del momento acerca del enfriamiento gradual de la Tierra: en el Silúrico, asumía Murchison, la mayor influencia del calor interno de la Tierra bien podría haber producido unas condiciones climáticas más uniformes.

VII

La transformación del Silúrico en un sistema de validez mundial, reforzó la convicción de Murchison de que representaba una época de singular significado en la historia de la vida —una época anterior a la aparición de los vertebrados y las plantas terrestres. Esto era ya muy importante como confirmación del carácter «progresivo» de la historia de la Tierra. Pero tenía también unas implicaciones económicas de gran alcance. La principal fuente de energía para las industrias en rápida expansión en las naciones avanzadas era, por supuesto, el carbón de los estratos Carboníferos. Si los estratos Silúricos databan realmente de un período anterior a la aparición de la vegetación terrestre, todas las áreas de rocas Silúricas, o anteriores, podían descartarse como fuentes potenciales de nuevas vetas de carbón: los especuladores que financiaban perforaciones de sondeo en tales áreas no hacían más que perder su dinero.

Esta coincidencia entre las implicaciones teóricas y las prácticas, convirtió en algo muy serio un descubrimiento que al principio parecía amenazar la estabilidad de todo el edificio del Silúrico construido por Murchison. En 1834, Henry De la Beche (1796-1855) informó a la Geological Society de que había encontrado plantas fósiles de especies del Carbonífero en las rocas de Transición de Devon. Su informe fue inmediatamente puesto en cuestión, tanto por Murchison como por Lyell, ya que resultaba incompatible con los criterios teóricos de ambos. De La Beche no había conseguido encontrar fósiles Silúricos en Devon, y por lo tanto opinaba que sus rocas pizarrosas eran aún más antiguas. Pero, si así era, argumentaba Murchison, ¿cómo iban a contener restos de vegetación terrestre? El descubrimiento resultaba igualmente anómalo a ojos de Lyell; porque aunque su teoría del estado estacionario le permitía aceptar que las plantas terrestres habían existido incluso en tiempos pre-Silúricos, le resultaba inconcebible que, precisamente la misma *especie*, hubiera sobrevivido a las vicisitudes de un espacio de tiempo tan largo, y que se la pudiera encontrar aun en los estratos de carbón del período Carbonífero. Para De la Beche, estas objeciones tenían un carácter de apriorismo en la metodología que, si se llevaba a sus conclusiones lógicas, eliminaría cualquier progreso real en el estudio de la historia de la vida. ¿Cómo podría llegar a conocerse esa historia si las fechas relativas de los estratos tuvieran que ser decididas *a priori*, basándose en su contenido en fósiles, en lugar de a partir de la observación del

orden concreto en el que habían sido formados los estratos? En su opinión las plantas del carbón aparecían en una parte integral de los estratos de Transición: si eso entraba en conflicto con las teorías acerca de la naturaleza de la vida en el período de Transición, tanto peor para las teorías [202] .

Pero, si bien el descubrimiento constituyó una anomalía inquietante tanto para Murchison como para Lyell, sus intentos de eliminarlo constituyeron también una amenaza inmediata para De la Beche. Tras perder sus ingresos heredados, tras el hundimiento del comercio del azúcar que siguió a la abolición de la esclavitud en las Indias Occidentales, había vuelto de Jamaica enfrentándose a la desagradable necesidad de ganarse la vida. Y se había sentido agradecido al ser nombrado geólogo y designado para acompañar a los cartógrafos en su revisión de los mapas del sudoeste de Inglaterra. Esto fue claramente considerado —y no sólo por De la Beche— como un posible comienzo de una muy necesaria implicación del Estado en la prospección científica en los recursos minerales de la nación. Siendo esto así, nada podría haber estado mejor calculado para abortar la emergencia de una futura prospección geológica, y para poner en duda la propia competencia profesional de De la Beche para encabezarla, que la afirmación de Murchison de que De la Beche había leído al revés la secuencia de los estratos de Devon, y que las plantas fósiles aparecían en un enorme campo de carbón no reconocido (aunque, eso sí, sin vetas de carbón de gran importancia económica) que cubría las verdaderas rocas de Transición. De hecho, la naciente prospección geológica sobrevivió incluso a este ataque, y De la Beche siguió insistiendo en que el problema estaba aún por resolver, ya que los estratos portadores de plantas pasaban sin brusquedad a rocas de Transición aparentemente antiguas, sin que mediasen estratos de Old Red Sandstone, ni Silúricos.

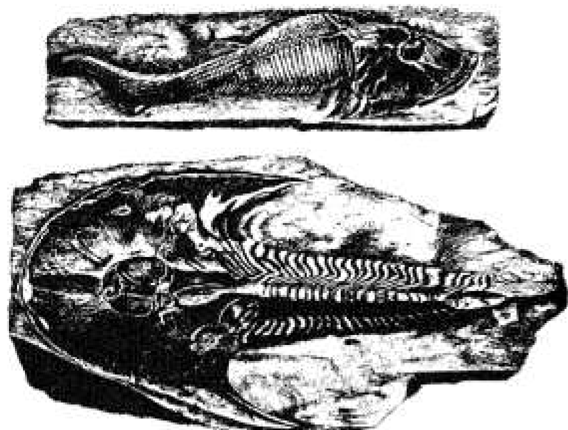


Fig. 4.6. Ilustraciones de Murchison del *Cephalaspis*, uno de los extraños peces con coraza procedentes de la Old Red Sandstone (1839) 28. Este pez era el vertebrado más antiguo conocido; su virtual ausencia en los estratos del precedente período Silúrico reforzaba la concepción de una historia de la vida de un carácter claramente

«progresivo».

La solución final de este dilema se debió, irónicamente, a una hipótesis puramente paleontológica: William Lonsdale (1794-1871), conservador y bibliotecario de la Geological Society, señaló que los fósiles que estaban apareciendo en número cada vez mayor en las rocas de Transición de Devon, tenían un carácter intermedio entre los de las calizas del Carbonífero y los del período Silúrico de Murchison. Esto implicaba que las rocas más viejas de Devon podrían ser equivalentes, en cuanto a su datado, a la Old Red Sandstone; pero eran tan distintas en su apariencia, y en la naturaleza de sus fósiles, que la sugerencia de Lonsdale no fue aceptada inmediatamente. Los geólogos eran cada vez más conscientes de la diversidad de depósitos localizados, con fósiles distintivos, que databan demostrablemente del mismo período. No obstante, el contraste entre la Old Red Sandstone, con pocos fósiles a excepción de algunos peces acorazados de extraño aspecto (fig. 4.6), y las rocas pizarrosas de Devon, con bandas de caliza que contenían corales y braquiópodos fósiles, parecía excesivamente grande como para poder ser explicado en términos de diferentes entornos durante el mismo período.

Y con todo, la validez del «sistema Devónico» se vio prontamente

fortalecida por el descubrimiento por parte de Murchison, en un viaje emprendido inmediatamente después de la feliz publicación de su libro sobre el Silúrico, de que la fauna Devónica aparecía también en el continente en la posición correcta, debajo de los estratos Carboníferos. Su equivalencia con la Old Red Sandstone fue definitivamente establecida al año siguiente (1840), cuando encontró peces de la Old Red Sandstone y conchas

Devónicas entremezcladas en los estratos inalterados de la Rusia europea, donde estaban claramente cubiertos por estratos Carboníferos, y cubrían a su vez estratos claramente Silúricos [203] .

Esta prolongada, y a menudo ardiente, controversia puede dar la impresión de que sólo tenía una importancia técnica geológica. Pero, de hecho, no sólo ilustra las atrincheradas posiciones teóricas de todos los implicados; su resolución final es también sintomática del modo en que algunos de los principios de Lyell estaban siendo absorbidos por la comunidad científica, del mismo modo que otros estaban siendo descartados. La aceptación de un sistema Devónico, intermedio —tanto temporal como paleontológicamente— entre el Silúrico y el Carbonífero, reforzó la concepción de la historia de la vida como algo caracterizado por los cambios fragmentarios, y por consiguiente, vindicaba el énfasis puesto por Lyell en la naturaleza gradual e inteligible de las causas de los procesos terrestres en general. Al mismo tiempo, no obstante, esta investigación reforzó también la concepción de la historia de la vida como algo direccional, y en un sentido limitado, incluso progresivo: había existido una secuencia temporal distintiva de faunas y floras en la cual, las formas «superiores» o más complejas, habían, según los datos, aparecido progresivamente.

Con la aparición de tamaña crónica de la historia de la vida, era natural que hubiera un gran interés en torno a lo que sus primeros capítulos podrían revelar. ¿Existía algún

«vestigio de comienzo» de la propia vida? ¿O habían sido destruidas esas trazas, como afirmaba Lyell, por la acción del metamorfismo? Cuando Murchison inició sus trabajos en la frontera galesa, Sedgwick había atacado simultáneamente rocas de Transición más antiguas y más complejas en el corazón de Gales (con la ayuda de Darwin durante una breve temporada antes de su partida a bordo del *Beagle*). Mientras Murchison definía el sistema Silúrico, Sedgwick proponía un «Cámbrico» inmediatamente debajo [204] .

Desafortunadamente para el futuro de su cooperación, Sedgwick no

podía señalar la existencia de una fauna Cámbrica rica o distintiva, aunque aparecieran fósiles similares a las formas Silúricas en lo que él denominaba estratos Cámbricos superiores, e incluso, ocasionalmente, se encontraran algunas trazas de vida orgánica en los estratos inferiores.

En su libro sobre el Silúrico, Murchison sugirió el término «Protozoico», que abarcaría tanto el Silúrico como el Cámbrico, reconociendo así que la Silúrica no era la fauna más antigua. No obstante, sus viajes por Rusia y Escandinavia hicieron que más tarde sus afirmaciones fueran más ambiciosas. En Suecia y en los alrededores de San Petersburgo (Leningrado), encontró lo que denominó una fauna del Silúrico Inferior que simplemente iba desapareciendo cuando se le seguía la pista descendentemente; y en Suecia, esos estratos yacían directamente sobre rocas «Primarias» cristalinas como

esquistos y gneis. Los esquistos, que carecían por completo de fósiles, recibieron el nombre de «Azoico»; y aunque afirmaba que no pretendía sostener dogmáticamente que durante el período de su formación no hubiera existido vida alguna, creía evidentemente que así había sido. Estaba de acuerdo en que eran similares a rocas metamórficas verdaderas, pero era de la opinión de que esto obedecía a que se habían formado en condiciones de calor similares, en un período extremadamente temprano de la historia de la Tierra. Con esta interpretación del basamento cristalino de Escandinavia (en términos modernos de la era pre-Cámbrica) como Azoico, el sistema Silúrico se volvió aún más importante a ojos de Murchison. No sólo representaba una época importante anterior a la aparición de la vida vertebrada, era también la primera época en la que existía registro de la existencia de vida: «Podemos afirmar sin miedo», concluía, «que la historia geológica, o la secuencia de las primeras razas de animales fósiles, ha quedado firmemente establecida» **[205]** .

La ampliación por parte de Murchison del concepto del Silúrico, le llevó a una prolongada y amarga controversia con Sedgwick, que culminó en su definitiva ruptura.

Superficialmente, podría parecer que no fue más que una estúpida discusión en torno a unos nombres: los estratos «Cámbricos» de Sedgwick se solapaban considerablemente con los «Silúricos» de Murchison, y Sedgwick no podía señalar en su área ninguna fauna previa distinta, como fauna prototípica Cámbrica. Con todo, fue, más fundamentalmente, una controversia acerca del origen de la vida, ya que los dos deseaban ardientemente el honor de demostrar que la

geología suministraba evidencias concretas de que la vida había tenido, en efecto, un comienzo en el tiempo. La creencia de Sedgwick de que las rocas «Cámbricas» del centro de Gales formaban un «sistema»

pre-Silúrico de gran importancia fue finalmente vindicada. En los años 1840 se descubrió en Bohemia una fauna «Primordial» distintiva de trilobites —el nombre indica la importancia teórica que le fue asignada— [206], que fue rápidamente reconocida también en Escandinavia; pero Murchison insistía en considerarlo la subdivisión inferior del Silúrico. Fue más adelante cuando esa misma fauna fue descubierta en Gales, en los estratos Cámbricos de Sedgwick, y finalmente se convirtió en la base paleontológica del sistema Cámbrico de la geología moderna.

Con todo, ni siquiera la fauna primordial iluminaba grandemente el origen de la vida. De hecho, lo hacía más misterioso que nunca. Ya se la clasificara como Silúrica o como Cámbrica, no había duda alguna de que la fauna primordial se encontraba en estratos debajo de los cuales había pocas o ninguna traza de vida; y esto no podía explicarse como resultado del metamorfismo, ya que en algunos casos (por ejemplo, las rocas Longmynd de Shropshire) los sedimentos no habían sufrido más alteraciones que muchas rocas Silúricas cargadas de fósiles. Lo que es más, el registro fósil no se iniciaba con vagas trazas de formas primitivas o rudimentarias de vida; parecía hacer una

brusca aparición con formas altamente complejas de invertebrados (en especial los trilobites), que pertenecían claramente a algunas de las clases cuvierianas aún existentes. Pero si la naturaleza del origen de la vida seguía siendo tan misteriosa como siempre, al menos su secuencia temporal parecía haber quedado firmemente establecida.

En 1840, Buckland resumió la tendencia de todas estas investigaciones con una vívida metáfora cuando dijo: «estamos, como quien dice, extendiendo progresivamente las operaciones de un acto general de cercamiento sobre el gran campo común de la geología» [207]. Tanto temporal como espacialmente, se iban ordenando los estratos más antiguos; tras la desconcertante variedad de las formaciones locales y los efectos de las alteraciones tectónicas locales, empezó a resultar evidente que resultaba aplicable un esquema unificado de grandes «sistemas» en todo el mundo. La confirmación empírica de la validez de este esquema fortaleció la conclusión teórica que podía extraerse de ella: la historia de la vida, según las trazas sobre las que se basaba el esquema, había seguido a grandes rasgos, una secuencia inteligible de etapas «progresivas».

Aunque este carácter progresivo podía ilustrarse a partir de la historia de las plantas y los invertebrados, resultaba especialmente claro en el registro de los vertebrados.

Murchison había mostrado que el Silúrico era, casi íntegramente, anterior a los primeros vestigios de la vida vertebrada; su colaborador Louis Agassiz (1807-1873), un ambicioso naturalista suizo que había trabajado brevemente con Cuvier poco antes de su muerte, mostró que el subsiguiente período Devónico había sido una era de peces diversos y, a menudo, extraños **[208]**. No se conocían aún vertebrados superiores del sistema Carbonífero; pero se habían encontrado algunos «saurios» (es decir, reptiles), en estratos superiores que Murchison llamó «sistema Pérmico» en 1841. Éste era el comienzo de una «era de los reptiles» que se extendía a través del resto de los estratos Secundarios, llevando finalmente al Terciario como «era de los mamíferos», hasta la presente «era del Hombre».

Resultaba apropiado que fuera el sobrino de William Smith, su pupilo y biógrafo, John Phillips (1800-1874), quien propusiera en 1841 las divisiones supremas del tiempo geológico que resumían esta secuencia (fig. 4.11). Sugería que, para subrayar la importancia primordial de la evidencia fósil, las antiguas divisiones de Transición, Secundario y Terciario, podrían cambiarse por Paleozoico, Mesozoico y Cenozoico, las eras de las formas antiguas, intermedias, y nuevas de vida **[209]**. El registro de la vida comenzaba, por encima de las rocas Azoicas, con las faunas invertebradas del Silúrico, y a éstas se les sumaban, sucesivamente, peces, plantas terrestres y vertebrados superiores, antes de que el Pérmico pusiera fin al Paleozoico. Cuando llegó el Mesozoico muchos de los grupos del Paleozoico habían perdido importancia o, como

los trilobites, se habían extinguido; la era estaba dominada por los reptiles (aunque evidentemente habían existido unos pocos mamíferos primitivos) y, entre sus invertebrados, grupos de moluscos prolíficos como los ammonites y los belemnites. En el Cenozoico se apreciaba una aproximación aún mayor al presente en su fauna terrestre dominante de mamíferos, su flora dicotiledónea, y su fauna marina de invertebrados y peces «modernos». Al final, literalmente en el último acto del drama geológico, apareció el hombre.

VIII

La investigación que acabamos de delinear cubrió una década de trabajos intensivos que obtuvieron brillantes éxitos. Murchison constituye una figura central evidente en su desarrollo; y siendo como era una persona cuyo entusiasmo por hacer vida social con la nobleza europea acabó superando hasta su entusiasmo por la geología, no era en absoluto opuesto a la fama y los honores que su posición le reportó. Pero nunca habría conseguido su gran perspectiva sin el trabajo paciente y detallado de una comunidad internacional creciente de paleontólogos y geólogos, que publicaba indentificaciones y descripciones precisas de los fósiles y estratos de áreas locales en todo el mundo.

Estos científicos —el término acuñado por Whewell puede por fin utilizarse sin incurrir en un anacronismo— eran cada vez más profesionales en sus perspectivas y en su posición social. Las ciencias de la geología y la paleontología eran consideradas popularmente como de gran significado cultural(41), ya que suministraban una perspectiva asombrosamente novedosa del lugar temporal que el hombre ocupa en la naturaleza. Al mismo tiempo resultaban evidentemente de la mayor importancia económica, debido a su espectacular éxito en suministrar una base racional para el descubrimiento y explotación de recursos minerales. Un número cada vez mayor de aquellos que contribuían a la investigación paleontológica, eran, por consiguiente, profesionales en el sentido más estricto de la palabra: se les pagaba por hacer su trabajo en las universidades, en los museos, en las escuelas de minas y en las prospecciones geológicas. Incluso aquellos que, en este sentido, eran «aficionados» estaban imbuidos con un espíritu «profesional» similar; y aunque esto tendía a llevar a una especialización aún mayor, sí favoreció al menos unos patrones muy altos de rigor y precisión. Estos patrones fueron reforzados y mantenidos por el creciente número de sociedades geológicas, cuyos procedimientos de arbitraje controlaban la publicación de periódicos especializados, y cuyas medallas, premios y otros honores servían para premiar los trabajos conformes a estos estándares. La creciente especialización de la ciencia, tendía, cada vez más, a alejar sus resultados de la comprensión del hombre de la calle, y por consiguiente, se produjo una eclosión de trabajos populares y semi-populares acerca del tema. Muchos de ellos fueron escritos por los más activos entre los

«profesionales»: por ejemplo, Lyell, escribió un pequeño volumen

titulado *Elements of Geology* (1838), que era una adaptación de parte de los *Principles*, y su amigo Gideon Mantell publicó varios libros populares de éxito dedicados a la moda de recolectar fósiles[210].

Aunque Lyell siguiera afirmando que no existía evidencia válida en favor de la

«progresión» de la vida, casi todos los demás trabajos sobre el tema, ya fueran especializados o de divulgación, subrayaban que el registro fósil era, de hecho, ampliamente «progresivo», y que no podía explicarse ya como resultado de una preservación imperfecta o diferenciada. Así pues, a mediados de los años 1840 habían quedado firmemente establecidas las grandes líneas del registro fósil, que han sobrevivido con sólo pequeñas modificaciones hasta la ciencia de mediados del siglo XX.

Con semejante grado de modernidad, cabría, pues, preguntarse cuáles eran las explicaciones causales que se planteaban para explicar la «progresividad» de la historia de la vida o, en particular, por qué no resultaba aceptable una explicación evolutiva.

Por supuesto existían dificultades teológicas. Pero éstas no eran, al menos en círculos científicos, las planteadas por el rechazo del concepto de la creación de especies *ex nihilo*. La mayor parte de los científicos, muchos de ellos hombres personalmente devotos, estaban perfectamente dispuestos a aceptar una causa «secundaria» del origen de nuevas formas de vida; de hecho, estaban ansiosos por hacerlo, caso de que pudiera descubrirse una causa natural satisfactoria. El que las especies, al igual que otras entidades fueran «gobernadas» por Dios por intermedio de las «leyes naturales», resultaba, después de todo, acorde con sus creencias acerca del resto del mundo natural.

Al hablar del origen de nuevas especies, normalmente utilizaban un lenguaje vago y deliberadamente ambiguo: Murchison, por ejemplo, hablaba de nuevos grupos que

«surgían al ser»[211]. Incluso cuando, como en el caso de Lyell, utilizaban el verbo

«creadas», no implicaba necesariamente la creencia de que las especies habían sido formadas de la nada por acción directa de Dios: el lenguaje de la «creación» era un lugar común en la ciencia de este período, y no nos dice nada acerca de los medios visualizados en ella. Cuando John Herschel se refería al origen de las especies como el

«misterio de los misterios»[212], no quería decir para nada que fuera

un problema insoluble por los siglos de los siglos, sino simplemente que estaba resultando muy difícil de resolver.

Lo que era mucho más serio era la dificultad de concebir alguna causa natural capaz de preservar el «diseño»(42) de los organismos. Para nosotros resulta difícil recapturar la intensidad y la extensión de la creencia de la época de que todo el universo reflejaba, en verdad, la mano de Dios —cualesquiera que fueran los medios secundarios que hubiera empleado para producir ese efecto. Esta creencia no estaba confinada a lo formalmente

religioso: penetraba en la imaginación de casi la totalidad de los pensadores, y afectaba poderosamente al tipo de explicaciones científicas que estaban dispuestos a aceptar.

Como hemos visto, el diseño orgánico había sido, ya desde Ray, el tipo más convincente de evidencia que tendía a respaldar este punto de vista; sugerir, pues, que tal diseño era ilusorio, y que las estructuras adaptativas de los animales y las plantas habían surgido de modo puramente fortuito, resultaba para la mayor parte de los hombres literalmente inconcebible.

Lo que es más, el desarrollo de la paleontología había reforzado, de hecho, este sentimiento tradicional acerca del mundo natural. En uno de los mejores y más originales Tratados de Bridgewater de los años 1830 —una serie cuyo objetivo era poner al día la tradición palleyana de la teología natural a partir de los últimos descubrimientos de la ciencia contemporánea—, Buckland había mostrado como la geología y la paleontología eran prueba de la universalidad del diseño en toda la historia de la Tierra[213]. El diseño no quedaba confinado al estado actual del mundo, ni tampoco había emergido de un estado más caótico: por el contrario, argumentaba que incluso las formas de vida más primitivas conocidas, como los trilobites del Silúrico, mostraban la misma notable correlación entre estructura y función que cualquier animal viviente (fig. 4.7). El trabajo de Buckland tuvo una enorme influencia (llegó a un gran número de lectores entre los científicos del continente a través de la traducción realizada por Agassiz), ya que reforzaba de modo convincente la interpretación teológica tradicional de la adaptación —un rasgo del mundo orgánico que ningún científico respetable podía pasar por alto.

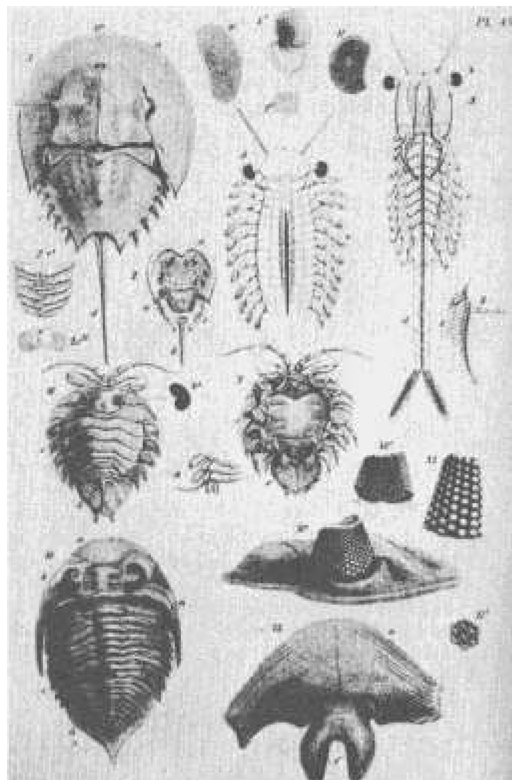


Fig. 4.7. Ilustraciones de Buckland de las adaptaciones en el «diseño» de los trilobites del Silúrico, con analogías con artrópodos vivientes (1836) 41. Las figuras 9-11 muestran los ojos compuestos y la visión circular del trilobite *Asaphus*. Se compara con los ojos compuestos del xifosuro (cangrejo de las Molucas o centollo) Limulus (Figs. 1, 2) y los crustáceos *Branchipus* (Figs. 3, 5) y *Serolis* (Figs. 6, 7). El análisis de Buckland de las adaptaciones de los trilobites fue uno de sus más originales ejemplos del diseño en el mundo orgánico, incluso durante el período más antiguo conocido de la historia de la vida.

La adaptación continuó siendo la cuestión científica crucial del problema del origen de las especies. Invocar una «tendencia o una mejora progresiva» lamarckiana, no era sólo regresar a un *tipo* de explicación pasado de moda, sino también ponerse en contra de toda evidencia disponible. Desde luego existía una cierta «progresividad» global acerca del registro fósil; pero visto en detalle no mostraba el «desarrollo» gradual requerido por una teoría lamarckiana. Como señalaba el colaborador de Murchison, Edouard de Verneuil, al

resumir el carácter de las faunas del Paleozoico, éstas *no* respaldaban la «vieja idea» (es decir, la de Lamarck) acerca de que los primeros organismos fueran meramente «bocetos imperfectos de la naturaleza» (*ébauches*) [214] .

Sólo a través de un cuestionable proceso de raciocinio podía afirmarse que los trilobites del Silúrico, por ejemplo, fueran en ningún sentido «menos perfectos», o «más simples»

o «inferiores» a los artrópodos posteriores, o que los acorazados peces del Devónico lo

fueran respecto a los peces posteriores. Tampoco la modificación de Geoffroy de la teoría de Lamarck servía para nada: su utilización de las monstruosidades para explicar el origen de nuevas formas, difícilmente podía explicar la existencia universal de adaptaciones precisas; y explicar la asombrosa complejidad y belleza de las estructuras adaptativas por referencia a anomalías fortuitas del desarrollo, debía parecer entonces casi repugnante, e incluso perverso.

Lo que es más, la realidad de las especies como unidad discreta en la naturaleza parecía más firmemente establecida que nunca. La variación intraespecífica, aunque era un fenómeno reconocido, parecía tener límites intrínsecos definidos; y el carácter discreto de las especies parecía verse confirmado por el registro fósil. La posibilidad de cambios infinitesimalmente graduales que traspasaran las fronteras interespecíficas resultaba, por lo tanto, casi inconcebible (a excepción de Darwin, quien primeramente puso en duda la afirmación de Lyell al respecto); pero esto parecía dejar como única —e insatisfactoria— alternativa los «saltos» transespecíficos de Geoffroy.

Finalmente, incluso aunque el origen de nuevas especies hubiera podido ser resuelto satisfactoriamente, hubiera habido que plantar cara a un problema mucho más serio.

Una cosa era especular que una especie podría haberse transformado —de algún modo— en una forma similar dentro del mismo género, o incluso de la misma familia; sugerir que los principales grupos de organismos (los *embranchements* de Cuvier, o los fillum de la taxonomía moderna), con una construcción anatómica radicalmente diferente, pudieran haber tenido un origen común, era algo diferente. La validez de la anatomía comparada de Cuvier, al igual que su énfasis en la naturaleza discreta de las especies, parecía haber sido brillantemente vindicada por la investigación paleontológica más reciente. Todos los grandes grupos de animales eran igualmente

distintos en sus puntos de aparición en el registro fósil, y lo seguían siendo de ahí en adelante: al remontarnos en su historia, no mostraban signo alguno de convergencia hacia un antecesor común.

IX

Frente a todas estas dificultades, no resulta sorprendente que el único intento de plantear una teoría evolutiva en este período fuera ridiculizado por la comunidad científica. El periodista escocés Robert Chambers (1802-1871), tituló su libro anónimo *Vestiges of the Natural History of Creation* (1844)[215]. Los «vestigios» del título eran, principalmente, los fósiles registrados en la paleontología contemporánea, registro que Chambers resumía con errática precisión en la parte central de su libro. Su propuesta de una explicación natural de la «creación» de las especies, probablemente se encuentre más cerca de la teoría de Geoffroy que de ninguna otra, por su utilización de las

monstruosidades embrionarias, su énfasis en la influencia directa del medio ambiente y su aceptación de los «saltos» transespecíficos; aunque no se sabe seguro si Chambers conocía directamente el trabajo de Geoffroy, lo que resulta relativamente improbable, dado que la mayor parte de sus fuentes directas estaban en inglés. Pero en cualquier caso, su teoría implicaba también una asombrosa acumulación de especulaciones acerca, por ejemplo, del origen de la vida por «una operación quimio-eléctrica» (un latiguillo de moda en la comunidad científica de la época), y acerca de la generación espontánea de los ácaros, y la mutación espontánea del centeno para transformarse en trigo. Por consiguiente, resulta comprensible que la reacción generalizada de la comunidad científica fuera el mismo tipo de exasperación irritada que despiertan muchos trabajos de «ciencia pop» en nuestros días. Cuando Chambers sugería, por ejemplo, que la armadura ósea de los peces de la Old Red Sandstone era muy similar a los exoesqueletos de los artrópodos, y que, por consiguiente, los primeros peces podrían haber aparecido a partir de éstos; o cuando utilizaba alegremente el supuesto triple paralelismo entre el desarrollo embrionario del individuo de lo simple a lo complejo, la supuesta escala de los organismos de «inferiores» a «superiores», y el «progreso» del registro fósil desde las primeras formas de vida a las más recientes: al leer semejantes razonamientos, la mayor parte de los científicos sentían, con toda lógica, que era precisamente este tipo de especulaciones irresponsables las que habían quedado definitivamente descartadas, gracias a un cuidadoso uso de la anatomía y la embriología comparadas.

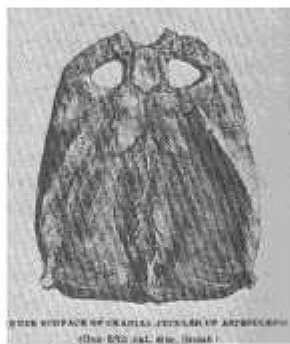
No obstante, la reacción casi violenta producida por el libro de Chambers sugiere que había hecho algo más que herir el orgullo

profesional de los científicos. El hecho de que Chambers representaba una amenaza más básica, viene sugerido por la aparición, poco después, de un libro de divulgación similar designado para refutar los *Vestiges*.

Procedente del mismo medio social, el libro *Footprints of the Creator* (1849) indica que, detrás de la vehemencia de los críticos científicos de los *Vestiges* se encontraba el miedo producido por el hecho de que la explicación «natural» de Chambers de la «creación»

amenazaba el estatus del propio Hombre. Hugh Miller (1802-1856), otro periodista escocés que esta vez gozaba de la ventaja de tener conocimientos de primera mano de paleontología, subtituló su libro *The Asterolepis of Stromness* [216] y utilizó sus propias investigaciones sobre los peces de la Old Red Sandstone para minar la teoría de Chambers en uno de sus puntos más vulnerables, demostrando que estos primeros vertebrados eran tan complejos, y estaban tan altamente adaptados como cualquier otro pez posterior, y no eran, en absoluto, los organismos primitivos que Chambers consideraba que eran (fig. 4.8). No obstante, Miller sostenía, que, más allá de las argumentaciones científicas, lo que realmente estaba en juego era la dignidad del hombre como ser moralmente responsable: si el hombre había hecho su aparición por el azaroso proceso implicado por Chambers, no podía ser considerado moralmente





responsable de sus acciones, por lo que todo el entramado social se vería amenazado.

Esto, que se encontraba incluso tras la amenaza que planteaban tales teorías al sentido del sabio diseño del mundo orgánico, era lo que imbuía al debate evolutivo de profundidad y seriedad.

Fig. 4.8. Dibujos de Hugh Miller del «escudo craneal» de *Asterolepis* (1847). La complejidad estructural de este antiguo pez procedente de la Old Red Sandstone fue utilizada por Miller para oponerse a la teoría evolutiva de Robert Chambers, según la cual los primeros vertebrados deberían haber sido relativamente sencillos y

«primitivos».

X

Sin embargo, no se sigue de esto que, al rechazar la teoría evolutiva de Chambers, los paleontólogos de los años 1840 quedaran sin ningún marco explicativo racionalmente satisfactorio para su trabajo. Por el contrario, aunque Darwin sugiriera posteriormente que la única alternativa a su teoría evolutiva era un creacionismo ingenuo, existía de hecho otra explicación al alcance de la mano, con unas credenciales intelectuales tan altas como la de Darwin, y considerablemente más creíble para las mentes de su tiempo. Esta alternativa fue desarrollada por alguien que empezó siendo colaborador de Darwin, aunque acabó siendo uno de sus oponentes más implacables —

el anatomo y paleontólogo Richard Owen (1804-1892).

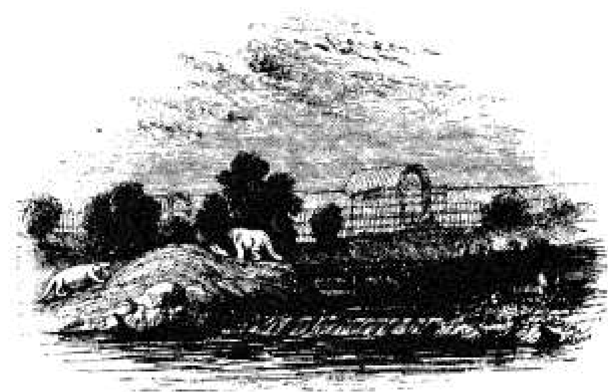
Owen era, por encima de todo, un anatomo comparativo, no sólo por circunstancias impuestas por su carrera profesional —era en esta época, Hunterian Professor en el Royal College of Surgeons de Londres —, sino, de un modo más profundo, por sus propios intereses científicos. La pasión cognitiva que había detrás de su extraordinaria energía científica, era el deseo de comprender las formas y funciones de los animales; de

hecho, el deseo de ir más allá de las formas específicas y las funciones particulares, hasta una comprensión de la naturaleza fundamental del reino animal. A un determinado nivel, Owen no era en absoluto hostil a la idea general de la evolución.

Contrariamente a lo que hicieron la mayor parte de sus colegas científicos, no se sumó al coro general de condena de los *Vestiges*: por el contrario, aprobaba su intención, y decía que él mismo estaba examinando por aquel entonces, nada menos que seis hipótesis alternativas acerca de la producción de nuevas especies. No obstante, según su punto de vista, la forma en que hacían su aparición nuevas formas de vida, prácticamente no rozaría siquiera los problemas más profundos de la diversidad del reino animal, encarnada en su historia natural. Para Owen, al igual que para la mayor parte de sus coetáneos, el concepto de «Historia Natural» seguía siendo significativo, y seguía estando unificado: no había sido aún rebajado al estatus que hoy tiene para muchos científicos. La «Historia Natural» seguía siendo, como lo había sido para Linneo y Buffon en el siglo XVIII, el ordenamiento sistemático de todo el abanico de las diversas entidades naturales. Que

algunas de estas entidades fueran lo que hoy llamaríamos organismos, y que otras fueran inanimadas, resultaba perfectamente irrelevante: era necesario ordenar la diversidad del Reino Mineral del mismo modo que había que hacerlo con la del Reino Vegetal y el Reino Animal. La clasificación no era un medio para alcanzar un fin, una clave, por ejemplo, para averiguar las relaciones evolutivas: era un fin en sí misma, el del conocimiento del verdadero orden de la naturaleza.

Esta modalidad de conocimiento no resulta fácil de recapturar desde nuestro punto de vista post-darwiniano. Para nosotros la diversidad de los animales y las plantas parece un problema totalmente distinto al de la diversidad de los minerales, dado que creemos que los primeros han sido producidos en el transcurso del tiempo por medios totalmente diferentes. Y con todo, esta forma de conocer la naturaleza, que recibió el nombre de «Historia Natural» no resultaba anticuada en tiempos de Owen, a pesar de que tenía ya una larga historia. Owen no era una especie de fósil viviente desde un punto de vista epistemológico: su visión de la naturaleza se correspondía con la de la mayor parte de sus coetáneos. El efecto práctico de este punto de vista era, no sólo que eliminaba el problema del carácter central que tenía el origen de las especies desde el punto de vista de Darwin, haciendo que pareciera menos apremiante; también fue central la atención de Owen en los tipos de orden y de diversidad exhibidos por las entidades naturales en general, y por los animales en particular. Lo que es más, le predisponía a visualizar estos problemas en términos estáticos y no dinámicos, a pesar de que siendo como era un paleontólogo altamente competente, era perfectamente consciente de la dimensión temporal puesta al descubierto por la investigación geológica. Le preocupaba más el esquema de la diversidad orgánica que el modo en que



había surgido; estaba más interesado en la naturaleza de la adaptación funcional que en su origen.

Owen creía que existían dos componentes distintos en el problema del orden y la diversidad orgánicos, y la integración por él realizada de ambos era, en su opinión y en la de la mayor parte de sus coétaneos, su mayor y más trascendental labor. El primer componente era la adaptación y el diseño manifiestos en la estructura y función de cada organismo. El fuerte sentimiento de Owen de que existía una adaptación funcional

«diseñada», deriva directa y muy claramente de su héroe Cuvier: y el valor heurístico de la tradición cuvieriana en los trabajos de Owen aparece con máxima nitidez y espectacularidad, al igual que en los anteriores de Cuvier, en la reconstrucción de los vertebrados *fósiles*.

Fig. 4.9. Un boceto contemporáneo (1854) de algunos de los animales fósiles reconstruidos colocados por Richard Owen en los terrenos del Crystal Palace.

Irónicamente, la reconstrucción más famosa de un fósil realizada por Owen fue una en la que su confianza en el método cuvieriano se extralimitó. Cuando se reconstruyó el edificio de la Feria de 1851, como el Crystal Palace, Owen concibió, y Benjamín Hawkins ejecutó, una serie de reconstrucciones a tamaño natural de «los habitantes del mundo antiguo» para ser exhibidos en los jardines (fig. 4.9). Como truco publicitario, Hawkins invitó a Owen y otras veinte personas a una cena que habría de tener lugar en el interior de su reconstrucción del *Iguanodon*[217]. En este ejemplar, Owen había tenido que trabajar a partir de un material original muy incompleto, y había reconstruido el

Iguanodon como una especie de torpe cuadrúpedo, en lugar de darle la enorme, pero relativamente elegante forma bípeda que resultó tener cuando se encontraron esqueletos completos, más entrado el siglo. Pero, en general, las predicciones de Owen estaban bien formuladas. Tal vez el ejemplo más espectacular fuera su predicción del carácter de los Moas de Nueva Zelanda. Basándose en un único y breve fragmento de fémur, Owen predijo en 1838 que pertenecía a una gran ave no voladora. Los editores de la Zoological Society tenían, lógicamente, dudas de si publicar o no una idea tan aparentemente arriesgada y con tan escaso basamento; pero, cinco años más tarde, Owen fue brillantemente vindicado por la llegada de esqueletos

relativamente completos [218]. Owen utilizó estos principios cuvieríanos en su trabajo, en el mismo período temprano, para analizar los mamíferos que Darwin había traído de vuelta de Sudamérica. Este trabajo le hizo acreedor al más alto honor de la Geological Society, la Wollaston Medal en 1846, por su brillante interpretación de la anatomía funcional de los belemnites(43). Todo este trabajo, y mucho más, que en buena parte ha sobrevivido hasta nuestros días sin perder validez, fue llevado a cabo en este período, bajo la influencia dominante de la creencia de que todos estos organismos diversos, cualesquiera que hubieran sido los medios por los que habían sido formados, eran «especímenes de mecanismo divino». Los organismos no eran menos mecánicos por sus manifestaciones de Poder Creador.

Éste era, pues, un componente del problema de la forma orgánica, según la interpretación de Owen, y de la mayor parte de sus coetáneos: es decir, la percepción de una adaptación diseñada en la estructura de todo organismo. Pero ¿de qué modo se relacionaba esto con la diversidad de los organismos? Anatómicamente, los cuatro principales grupos de Cuvier —Vertebrados, Moluscos, Articulados e Invertebrados inferiores— siguieron siendo tan nítidamente distintos para Owen como lo habían sido para Cuvier; pero el principio de Geoffroy de la «unidad de composición» parecía cada vez más válido *en el seno* de cada uno de estos grupos. Por ejemplo, entre los vertebrados *podían* reconocerse los huesos equivalentes en la pata anterior de una lagartija, el ala de un ave, la pata anterior de un tigre, la aleta de una foca y el brazo de un hombre. Tales comparaciones, denominadas por Owen *homologías*, se venían haciendo, por supuesto, desde la antigüedad. Pero las múltiples aplicaciones erróneas del principio le habían hecho perder su prestigio. Owen, con su anatomía comparada, seguía este principio con más rigor y actitud crítica que el que jamás había recibido hasta el momento; y consiguió identificar los homólogos de muchos de los huesos del esqueleto de los vertebrados con más éxito que el logrado hasta entonces.

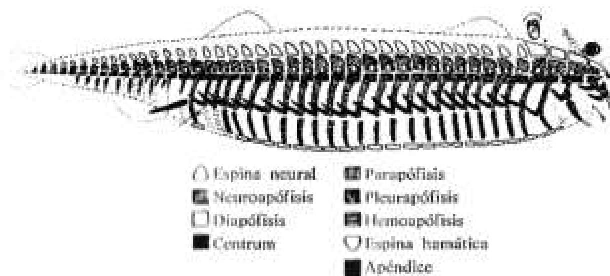


Fig. 4.10. Diagrama de Owen del arquetipo de un esqueleto de vertebrado (1848). Ésta era una expresión puramente formal de las homologías que podrían trazarse entre los esqueletos de los vertebrados, vivientes y fósiles. El propósito no era ilustrar una forma ancestral común viable, pero Owen creía que el registro fósil revelaba la encarnación de este arquetipo en formas progresivamente «superiores» y más diversas, culminando en el hombre (según el diagrama dibujado por Russell).

La determinación de las homologías no era, sin embargo, un simple ejercicio empírico, como tampoco lo era la interpretación funcional de las mismas estructuras.

También tenía detrás una profunda creencia metafísica. Owen estaba convencido de que podía seguirse el rastro a las homologías en animales de clases diferentes, porque creía que todos los animales pertenecientes a cada uno de los grandes grupos eran variaciones sobre un único tema, modificaciones de un único Tipo Ideal. Ya en 1841, Owen empezaba a hablar de la posibilidad de descubrir el «arquetipo ideal» sobre el que se basaba toda la diversidad de los vertebrados. Esto era lo suficientemente importante como para que la British Association le encargara la elaboración de un informe acerca del tema; y en 1848 publicó su tratado teórico más importante, *On the Archetype and Homologies of the Vertebrate Skeleton*. El año anterior se había publicado una traducción de la filosofía natural idealista de Lorenz Oken, fundador de la organización alemana que había servido de modelo para la British Association, y amigo y discípulo de Schelling y otros filósofos románticos. Owen llegó inmediatamente a la conclusión de que Oken, años atrás, había reconocido y esbozado intuitivamente los principios que él, Owen, había ahora establecido por medio de una anatomía comparada más detallada y rigurosa. Existía una «unidad de composición» en el seno de los vertebrados: los

huesos de un mamífero típico, por ejemplo, podían reconocerse e identificarse en su totalidad en los esqueletos de otras clases, y toda la diversidad de los vertebrados podía derivarse de un único Tipo Ideal, el Arquetipo (fig. 4.10). El arquetipo no era algo que hubiese existido o pudiese existir: era la Idea estructural platónica, de la cual todos los vertebrados actuales eran encarnaciones funcionalmente diversas [219] .

El descubrimiento de Owen por medio de una aplicación paciente de la anatomía comparada, de lo que en su opinión era el verdadero Arquetipo del grupo superior de animales, el grupo al que pertenecía el propio Hombre, era a sus ojos su mayor logro.

La anatomía funcional cuvieriana dejó al descubierto la adaptabilidad de los animales, pero no conseguía justificar las homologías estructurales subyacentes que no podían atribuirse a una similitud funcional. Los principios de Cuvier, por ejemplo, permitían explicar la maravillosa adaptación de las aves y los murciélagos al vuelo; pero no podían explicar cómo o por qué se habían formado aquellas alas por diferentes modificaciones de los mismos elementos esqueléticos. Pero vistos a la luz del Arquetipo, las extremidades delanteras de todos los vertebrados, con sus diversas adaptaciones, se convirtieron en manifestaciones de la misma Idea Platónica única y preexistente.

Puede parecer que hay una gran distancia entre tan abstractas especulaciones y los detalles mundanos de la investigación paleontológica, pero, a ojos de Owen, la distancia no era tan grande, ya que consideraba la diversidad de los organismos vivientes como el resultado, *en el transcurso del tiempo*, de la encarnación gradual de Ideas preexistentes y subyacentes; y era la paleontología quien suministraba evidencias concretas de este proceso. El Arquetipo de los vertebrados no era el antecesor común de todos los vertebrados, sino una Idea divina que se había encarnado en formas sucesivas, maravillosamente diversas e intrincadamente adaptadas, de vida real. Impregnándolo todo había un plan o programa que llevaba, aún de modo errático, hacia su culminación en el Hombre; y éste era el verdadero plan de la naturaleza.

Formaciones	c. 1790	c. 1840		Modernas	
Aluviales	Posdiluvianas	Aluviales		Oloceno	
Depósitos glaciares	Diluvianas	Plioceno		Pleistoceno	
Estratos de Sicilia		Plioceno		Plioceno	
Estratos Subapeninos	TERCIARIO	Mioceno	CENOZOICO Terciario	Mioceno	CENOZOICO Terciario
				Eoceno	
Estratos de Paris		Eoceno		Paleoceno	
Greda					
		Cretácico	MESOZOICO	Cretácico	MESOZOICO
Oolita Lias		Jurásico	Secundario	Jurásico	
Muschelkalk Nueva Roja Sandstone	SECUNDARIO				
		Triásico		Triásico	
Kupferschiefe		Pérmico		Pérmico	
Estratos de carbón					
		Carbonífero		Carbonífero	
Carbonífero (montaña) Calizas					
Old Red Sandstone		Devónico	PALEOZOICO (Protozoico)	Devónico	PALEOZOICO
Calizas de Wenlock					
				Silúrico	
'Grauwacke'	TRANSICION	Silúrico			
				Ordovícico	
		Primordial (Cámbrico)		Cámbrico	
Estratos de Longmynd					
	PRIMARIO	AZOICO		PRECAMBRICO	
Esquistos de Escandinavia, etc.		(Primario)			

Fig. 4.11. Cuadro que ilustra la división de la escala temporal geológica alrededor de 1840 y sus equivalentes modernos. Algunas de las formaciones características mencionadas en el texto van situadas en la columna de la izquierda. Las principales divisiones reconocidas alrededor de 1790 se ofrecen en la segunda columna; no obstante, debe advertirse que: a) las divisiones más detalladas correspondían en esta época a regiones particulares, aunque la correlación entre ellas era incierta, y b) que las categorías «Transición» y «Primario» no disponen de equivalentes exactos en posteriores esquemas, ya que incluyen rocas ligeras o altamente metamórficas de varias etapas, si bien predominantemente de los períodos señalados).

El punto de vista de Owen queda magníficamente resumido en la conclusión de su conferencia *On the Nature of Limbs*, leída en 1849, tan sólo diez años antes de que Darwin publicara el *Origen de las especies*:

El reconocimiento de un Ejemplar ideal de los Animales Vertebrados

muestra que el conocimiento de un ser como el Hombre, debió existir antes de su aparición, ya que la Mente Divina que planeó el Arquetipo conocía también de antemano todas sus modificaciones. La idea Arquetípica se manifestó en la carne, bajo modificaciones diversas, mucho antes de la existencia de aquellas especies animales que actualmente la ejemplifican. Ignoramos aún a qué causas, naturales o secundarias, pueden atribuirse la

sucesión ordenada y la progresión de tales fenómenos orgánicos. Pero si, sin desprecio del Poder Divino, podemos concebir la existencia de tales ministros(44) y personificarlos en el término *Naturaleza*, descubrimos en la historia pasada de nuestro globo, que ha avanzado con lentos y majestuosos pasos, guiada por la luz arquetípica en los escombros de mundos sucesivos, desde la primera encarnación de la idea del vertebrado, bajo su antigua vestidura íctica [es decir, en forma de pez] hasta que adoptó la gloriosa vestidura de la forma humana [220] .

Como ciudadanos del siglo XX, nuestra reacción ante este pasaje, en el que se expresa una progresiva encarnación en el seno de una extraña fusión del cristianismo con el platonismo, bien podría ser decir, « *c'est magnifique, mais ce n'est pas la science*». Pero Darwin también terminó su libro con un encendido fragmento de prosa en el que afirmaba que «hay grandeza en esta visión de la Naturaleza». En efecto, había grandeza en la visión de Darwin, pero ésta está también presente en la de Owen [221] . Desde luego, es difícil comprender la acogida, en general crítica, que recibió el *Origen de las especies*, y en especial la oposición de Owen, sin reconocer la fuerza intelectual de la visión alternativa de la naturaleza representada por el trabajo de éste. Debido a su relativa falta de interés en el mecanismo causal de la aparición de la diversidad orgánica, y debido a su utilización de una metafísica idealista rechazada posteriormente por la biología, esta alternativa puede parecernos remota y poco plausible, pero en su época resultaba a la vez convincente y atractiva. Por encima de todo, interpretaba la evidencia de los fósiles y de los organismos vivientes en términos de una Naturaleza armoniosa, integrada, y diseñada, que se había desarrollado en el transcurso de eones de tiempo geológico con arreglo a un Plan inteligible y significativo.

5. La ascendencia de la vida

I

El 2 de febrero de 1857, en una reunión pública de la Academia de Ciencias de París, se anunció la concesión de un Grand Prix para las «Ciencias Físicas», una medalla de oro de un valor de tres mil francos. El premio, ofrecido siete años antes a un ensayo acerca de las «leyes del desarrollo» del mundo orgánico, había sido alcanzado por un candidato cuyo trabajo ostentaba el lema «Aprender de la Naturaleza» { *Natura doceri*).

El comité que adjudicaba los premios, que contaba con la presencia de Élie de Beaumont, el hijo de Geoffroy, Isidore, y el hijo de Brongniart, sin duda no debió tener dificultades para desvelar el anonimato formal del lema, ni en suponer que el autor del trabajo era de hecho Heinrich-Georg Bronn, profesor de Historia Natural de Heidelberg [222]. Probablemente no existiera otro paleontólogo en esa época con la amplitud de experiencias necesarias para sintetizar, de manera tan magistral, el conocimiento de su tiempo acerca de la distribución de los organismos a lo largo del tiempo geológico, o para destilar de esta información una serie tan valiosa de generalizaciones(45). Según los cánones de una anterior historiografía, Bronn estaba «con los perdedores», ya que dudaba de la realidad de la *evolución* transespecífica en el sentido moderno del término, y no proponía ninguna explicación causal satisfactoria de las tendencias observadas en la historia de la vida. Pero, sin el tipo de síntesis que Bronn intentó realizar, resulta muy dudoso que los paleontólogos hubieran podido, en el transcurso de unos poco años, aceptar de manos de Darwin el hecho de que la evolución *había* tenido lugar, aunque la síntesis de Bronn tal vez contribuyera a mantener el escepticismo —en muchos aspectos justificado— acerca de lo adecuado del mecanismo propuesto por Darwin.

Los términos en los que se expresaba la pregunta(46) del premio en 1850 constituyen un comentario revelador del estado del debate paleontológico en aquella época. El ensayo había de «estudiar» las leyes de la distribución de los organismos fósiles en los diferentes estratos sedimentarios, con arreglo a su orden de superposición, discutir la cuestión de su aparición, o desaparición, sucesiva o simultánea, y examinar la naturaleza de las relaciones entre el estado presente y anteriores estados del mundo orgánico [223]. El comité subrayaba la nueva urgencia de estos problemas y la importancia científica de encontrar respuestas satisfactorias a ellos —respuestas que sólo podían obtenerse refiriéndose al registro fósil.

La nueva situación se debía indirectamente al rápido crecimiento del volumen de información sobre los estratos y sus fósiles, ya que fue esto lo que puso de relieve los grandes problemas pendientes. Por ejemplo, la descripción de nuevas faunas y floras, y el reconocimiento de nuevos episodios de actividad tectónica en la corteza terrestre, habían ido modificando el concepto de «revoluciones» sucesivas hasta la vaguedad [224] .

Si, ateniéndonos a las opiniones de Élie de Beaumont (asesor del comité), se consideraban las revoluciones tectónicas como episodios de elevación de montañas relativamente localizados, ¿cómo iban a haber causado la destrucción súbita de faunas y floras completas —en especial de faunas marinas— a escala global? *A fortiori* si uno seguía el principio actualista de Lyell, y no aceptaba ninguna «revolución» más intensa que aquellas de las que había sido testigo la historia humana, ¿qué podía haber causado estos episodios de extinción masiva aparente? ¿O acaso eran más aparentes que reales?

¿Hasta qué punto eran nítidas las soluciones de continuidad en la fauna y la flora entre formaciones sucesivas? ¿Cuántas especies estaban realmente confinadas en una única formación, y cuántas de ellas tenían un alcance que desbordaba las supuestas revoluciones? Incluso en el caso de aquellas que estaban confinadas a una única revolución, ¿constituía una medida de su verdadera duración en el tiempo, o un reflejo de un registro geológico fragmentario? ¿Se habían originado estas especies justo antes de la deposición de esa formación, extinguiéndose inmediatamente después de acabar ésta, o habían tenido una existencia más larga, sólo parcialmente representada por los estratos en los que habían sido encontradas como fósiles?

El alcance estratigráfico de las especies fósiles empezaba a ser difícil de determinar con precisión, debido a que el propio concepto de las especies se había convertido en la práctica en algo problemático. Especies fósiles bien conocidas y establecidas, empezaban a verse sometidas a una «división» taxonómica al ser estudiadas con más detalle; pero, por otra parte, la creciente especialización entre los paleontólogos podría fácilmente llevar a que una única especie recibiera diferentes nombres en diferentes formaciones o sistemas de estratos. En cualquier caso allá donde una especie nueva parecía haber reemplazado a otra similar aparecida en estratos anteriores, ¿se debía a una nueva «creación» (significara lo que significara esto de un modo preciso), o a algún tipo de transmutación (en el sentido moderno de la palabra, evolución)?

Finalmente, incluso si resultara aceptable algún tipo de transmutación

en especies similares, ¿podría tal hipótesis extrapolarse a todo un concepto de «desarrollo» desde las más simples «mónadas» hasta los mamíferos más complejos, como había supuesto Lamarck? ¿Qué respaldo empírico existía para la idea de un «desarrollo progresivo»

con el paso del tiempo? ¿Quedaba acaso restringido a la aparición progresiva de formas

«superiores» *en el seno* de uno de los grupos? Si el «desarrollo» era una realidad, ¿había sido correlacionado con cambios demostrables en el entorno inorgánico, o mostraba

acaso signos de ser independiente del medio ambiente y, de algún modo, inherente a los propios organismos? A la vista de la importancia intrínseca de los datos factuales en cualquier tratamiento de estos problemas, el éxito de la candidatura de Bronn no resulta sorprendente. De hecho, sus grandes cualificaciones para la tarea y el hecho de que ganara el premio, ilustran con nitidez la profesionalización de la paleontología en el transcurso de las décadas centrales del siglo. El tiempo de los caballeros-naturalistas llenos de talento había pasado (Darwin, en este caso como en tantos otros, constituye la excepción que confirma la regla), También Murchison, el incansable coleccionista de honores e insignias de todas las cortes de Europa, había pasado a formar parte de lo que habría de convertirse en el funcionariado científico, sucediendo a De la Beche en el puesto administrativo de director de la British Geological Survey. Incluso en Gran Bretaña, aunque mucho más en el continente y en los florecientes Estados Unidos de América, el grueso de la investigación paleontológica, iba cayendo cada vez más en manos de aquellos que cobraban por realizarla, bien como empleados de prospecciones geológicas estatales, o de los museos, o como profesores e investigadores universitarios.

La carrera de Bronn es típica de esta nueva clase profesionalizada de científicos. Había pasado directamente de estudiante a profesor ayudante en Heidelberg, convirtiéndose en catedrático antes de los treinta años. En 1830 se había convertido en editor de la famosa *Neues Jahrbuch*, una de las revistas más importantes para la publicación de investigaciones geológicas y paleontológicas; y permaneció en el puesto de editor hasta su muerte, más de treinta años después. Era una posición estratégica que no sólo le daba una gran influencia dentro de la profesión, sino que le permitía también mantenerse al día en la «explosión de información» sin precedentes en la ciencia.

Capitalizó esto al máximo durante toda su larga carrera académica,

publicando un prodigioso número de obras, que eran a la vez ricas en su detallada recopilación y sugerentes en cuanto a sus vías(47) teóricas [225] . Su ensayo premiado fue la culminación de esta serie de síntesis paleontológicas.

El hecho de que Bronn, un alemán, recibiera un premio de tanta categoría, otorgado por la Academia Francesa de la Ciencia, es también una significativa ilustración de la internacionalización de la comunidad científica en este período. Paradójicamente, esto coincidió con el crecimiento rampante de la «conciencia nacional», y con la evolución política de la moderna nación-estado. El movimiento para la unificación de los pueblos germanos, por ejemplo, había sido reflejado en la políticamente consciente Asamblea de Científicos y Doctores Alemanes de Oken (fundada en 1822), que fue el prototipo de la British Association. Pero ya en 1840, Murchison, por ejemplo, aireaba la cuestión de que tales cuerpos nacionales deberían reemplazar ocasionalmente sus reuniones anuales por separado, por una única conferencia internacional de científicos; y en muchos campos de la ciencia había ya proyectos científicos internacionales en marcha. Los viajes internacionales de científicos distinguidos se habían convertido en algo tan natural

(aunque no tan rápido) como los que realizan los científicos de nuestros días, y la concesión de elevados honores científicos por parte de un país a un ciudadano de otro, era ya una práctica establecida largo tiempo antes de que se hiciera público el premio otorgado a Bronn. No obstante, la victoria de Bronn sirve para subrayar convenientemente la total internacionalización de la comunidad científica a mediados del siglo —un proceso que fue, por razones obvias, particularmente importante en una ciencia como la paleontología.

II

Incluso en algunos de sus primeros trabajos, ya mencionados por su paralelismo con los de Lyell, Bronn había intentado aplicar técnicas numéricas al problema de evaluar los grados de afinidad entre las faunas de diferentes formaciones; y todos sus trabajos de recopilación posteriores ilustran la misma creencia en que el cambio orgánico es siempre, y en todo lugar, un proceso esencialmente gradual, que tiene lugar por extinción total, progresiva y fragmentaria, de especies viejas y por formación de especies nuevas. No obstante, nunca había cometido el error de Lyell de asumir que la

«uniformidad» del cambio gradual implicara, necesariamente, una imagen en estado estacionario de la historia de la vida. El cambio gradual bien podía haber estado combinado con un desarrollo globalmente direccional: eran los propios hechos quienes habrían de determinar si esto era o no cierto. El consciente empirismo de Bronn —

aunque no podemos por menos que admitir que era un rasgo muy común entre los científicos de su época— quedaba deliberadamente condensado en el lema elegido para su ensayo premiado: «Aprender de la Naturaleza». Pero no era el suyo un empirismo estéril que despreciara toda teorización. Por el contrario, Bronn juntaba todas las evidencias que la Naturaleza le había suministrado con el fin de derivar de ellas «leyes»

generales del funcionamiento de la Naturaleza —como de hecho exigían las bases del premio.

Tras introducir las evidencias objetivas en forma de enormes tablas, Bronn penetraba directamente el corazón de todos los problemas teóricos: la naturaleza de la

«fuerza creativa» (*Schöpfungs-Kraft*) responsable de la producción de nuevas especies.

La utilización de esta frase por parte de Bronn es extremadamente importante, ya que indica los términos en que se discutía normalmente el problema del origen de las especies en el momento en que Darwin se aprestaba a publicar su trabajo sobre el tema.

Ya fuera por ignorancia acerca de la ciencia en el continente, o con el

fin de fortalecer la credibilidad de su obra, Darwin presentó su teoría con sólo un hombre de paja(48) como opositor: *bien* una evolución transespecífica lenta por medio de la «selección natural», o *bien* una creación divina directa de nuevas especies a partir del polvo inorgánico de la Tierra. Tanto éxito tuvo el planteamiento que Darwin hizo siguiendo estas líneas

maestras, que científicos e historiadores posteriores, al menos en países de habla inglesa, a menudo han aceptado sin más su argumentación esencialmente polémica.

Pero de hecho, el debate nunca estuvo tan polarizado. Cuando los científicos como Richard Owen protestaron, después de 1859, diciendo que estaban perfectamente dispuestos a aceptar algún tipo de evolución, pero no el mecanismo propuesto por Darwin, no estaban atrincherándose a toda prisa en una posición insostenible, sino limitándose a plantear de nuevo un punto de vista que habían mantenido antes de que Darwin introdujera el concepto de selección natural. Es un error, por lo tanto, llegar a la conclusión de que la palabra «creativo» utilizada por Bronn implica que creyera en la

«creación especial» de todas las especies. Por el contrario, Bronn negaba esto explícitamente, adoptando (¡cómo Darwin!) el punto de vista generalizado en el siglo diecinueve de que un Creador que lograra sus efectos creativos a través del uso de

«agentes secundarios», sería más sublime que uno que se viera obligado a intervenir continuamente, o de modo periódico, en el desarrollo de su creación. La «fuerza creativa» era creativa en el sentido de que sus efectos eran innovadores; pero era, enfáticamente, un agente *natural*.

Las verdaderas dificultades comenzaban, por supuesto, cuando se intentaba definir qué *tipo* de agente natural podía ser. Bronn era perfectamente consciente de la teoría de la transmutación de Lamarck, de la modificación de ésta realizada por Geoffroy, y de que seguía disfrutando del apoyo de una minoría de sus colegas científicos, como el botánico Franz Unger[226] (no mencionó, y probablemente no conociera, la versión popularizada de Chambers). No obstante, todas aquellas teorías naufragaban, en opinión de Bronn, en los escollos de los hechos objetivos: sencillamente no existía *evidencia* actualista alguna que permitiera pensar que la variación intraespecífica llevara a más que la aparición de razas temporalmente distintas. Tampoco existía evidencia de que las formas más sencillas de vida fueran generadas «espontáneamente» en alguna ocasión, a partir de materia

no viviente; y la paleontología fracasaba de modo conspicuo en suministrar evidencias fósiles.

Al resultar científicamente aceptable la transmutación, Bronn tomó otra dirección e intentó abrirse camino hacia una solución por medio del empleo de la tradición metodológica de la física newtoniana. Es aquí donde la segunda palabra utilizada por Bronn en su frase —«fuerza»— requiere una correcta interpretación: las connotaciones de la palabras son físicas, no «vitalistas». Bronn utilizó explícitamente una analogía entre la fuerza creativa y las fuerzas físicas de la gravitación y la afinidad química.

Podemos ignorar la naturaleza última de todas estas fuerzas, argumentaba, pero aún así podemos intentar comprenderlas estudiando sus efectos. Incluso en sus primeras manifestaciones, mantenía Bronn, los «productos primordiales» de la fuerza creativa fueron diversos y, a su modo, «perfectos»: en otras palabras, las especies «Primordiales»

o de comienzo del «Silúrico» no eran rudimentos imperfectos de organismos, sino que estaban tan bien adaptadas a su medio ambiente como cualquier otra especie posterior.

La historia geológica se había visto subsiguientemente marcada por los efectos continuados de la fuerza creativa, que al parecer actuaba de acuerdo con una especie de plan racional. Este plan o esquema en la historia de la vida, se caracterizaba por una sustitución constante de las especies extinguidas por formas de vida más diversas y también «superiores», mientras en todo momento se mantenía un conjunto ecológico bien equilibrado.

No obstante, una formulación así planteaba algunos grandes interrogantes acerca de los conceptos utilizados, y por consiguiente Bronn intentó clarificar las dos principales variables de su interpretación. La primera era el concepto de «grados comparativos de perfección». ¿Qué significado preciso podía asignarse a la idea biológica semi-intuitiva, semi-tradicional, de la existencia de una jerarquía de formas orgánicas? ¿Qué querían decir «inferior» y «superior», «simple» y «complejo», ya fuera en relación con diferentes grupos de organismos, diferentes formas de órganos o de organismos completos, o diferentes fases del crecimiento de un organismo individual? [227]. ¿Y cómo podía relacionarse la idea de jerarquía con la de adaptación al medio ambiente? Sin alguna clarificación, resultaría imposible evaluar el registro fósil como evidencia del

«desarrollo progresivo» de la vida. La segunda variable fundamental era geológica:

¿qué podía significar «desarrollo» en relación con el entorno exterior a los organismos?

¿Cómo había cambiado la superficie de la Tierra en el transcurso del tiempo geológico como hábitat potencial de organismos vivientes?

Bronn intentó demostrar que la evidencia concreta de la paleontología ilustraba una serie de diez «leyes secundarias», o generalizaciones, acerca de la historia de la vida, todas las cuales implicaban a una o a ambas variables fundamentales. Tras haber sugerido, basándose en las mejores evidencias disponibles, que las plantas y los animales hicieron su primera aparición en el mismo período (Primordial o Silúrico temprano) de la historia de la Tierra, como cabría prever dada su interdependencia ecológica, pasó a correlacionar el registro fósil subsiguiente con la evidencia geológica en favor de un enfriamiento progresivo de la Tierra, mostrando cómo las faunas y floras sucesivas indicaban un descenso gradual de la temperatura y una creciente diversificación climática. Manifestándose a favor de la realidad de las especies como unidad natural objetiva, mostró que la producción y extinción de especies se había producido de modo continuo, y con muy pequeñas modificaciones en su *tempo*, con lo que el mundo orgánico se había aproximado gradualmente y cada vez más a su estado actual: en otras palabras, no habían existido períodos de extinción masiva o de producción a gran escala de nuevas especies. En parte, este desarrollo había consistido en un incremento en la diversidad taxonómica, que podía correlacionarse con la

progresiva diversificación física de la superficie de la Tierra e, indirectamente, con el consiguiente incremento en la complejidad de las relaciones ecológicas entre los organismos. No obstante, el desarrollo del mundo orgánico mostraba también una tendencia claramente «terrípeta» hacia una creciente colonización de los hábitats terrestres, y lo que es más, una tendencia «progresiva» verdadera hacia formas de vida más complejas en el seno de cada uno de los grandes grupos.

A partir de todas estas generalizaciones, basadas en una detallada descripción e interpretación del registro fósil, Bonn derivaba dos «leyes fundamentales». Una de ellas era una «ley» intrínseca que gobernaba la tendencia *progresiva*, que podía discernirse claramente en la historia de cada grupo de organismos, al margen de las adaptaciones particulares por éstos exhibidas; la otra era una «ley»

extrínseca que gobernaba el potencial *adaptativo* de los organismos en relación con el medio ambiente disponible. La primera ley era «positiva y productiva», en el sentido de que explicaba la aparición de formas genuinamente nuevas y más complejas de existencia; la segunda era «negativa y prohibitiva», en el sentido de que tan sólo podía determinar qué formas potenciales de existencia podían de hecho sobrevivir, considerado lo que era el mundo en el pasado, y lo que llegó a ser con el paso del tiempo. Éstas eran las características fundamentales de la fuerza creativa, deducidas de la observación de sus efectos; la naturaleza exacta de la fuerza siguió siendo desconocida, aunque, desde luego, no incognoscible.

III

La forma general en que Bronn presentó su interpretación del registro fósil, no hubiera parecido para nada insólita a sus lectores. Resulta característico de su período que intentara definir el funcionamiento de la fuerza creativa en términos de «leyes»

fenomenológicas, en lugar de a través de teorías directamente causales. Al hacerlo, se atenía también a una tradición ampliamente establecida en las ciencias biológicas. Esta tradición resultaba particularmente apropiada, y había demostrado tener un alto valor heurístico, en la ciencia de la embriología. A todo lo largo del siglo XIX, los lazos conceptuales existentes entre la embriología y la paleontología suministraron un fértil campo de analogías. Esto queda reflejado en la utilización de los mismos términos (evolución, desarrollo, *Entwickelung*, etc.) para describir los cambios direccionales en los organismos, tanto en el crecimiento embrionario como en el tiempo geológico (esto ha constituido, dicho sea de paso, una causa perenne de confusiones históricas y de malentendidos) **[228]** . Las dos ciencias se ocupaban de la aparición de los organismos; ambas, a diferentes niveles, se enfrentaban al problema de explicar la aparición de la diversidad y la novedad en la forma y función orgánicas con el paso del tiempo —ya fuera la breve escala temporal de la vida de un individuo, o la escala temporal inmensamente extensa del registro fósil.

En la embriología, los anteriores intentos de explicar los fenómenos extremadamente complejos del desarrollo en términos groseramente causal-mecanicistas, habían sido abandonados por estériles; y la atención de los científicos se habían dirigido a una descripción más precisa de los modos concretos de desarrollo, para obtener «leyes» o regularidades fenomenológicas para poder caracterizarlo. El ejemplo más distinguido e influyente de esta tradición fue la definición de cuatro «leyes» por Karl Ernst von Baer, que resumía el desarrollo embrionario como un proceso de diferenciación gradual de lo más específico a partir de lo más general **[229]** . Con unas descripciones soberbiamente detalladas, von Baer había hecho tambalearse y caer la antigua creencia de que los organismos individuales ascendían la Escala del Ser en el transcurso de su desarrollo: por el contrario, las principales divisiones (*embranchements*) definidas por Cuvier, eran tan distinguibles en sus primeras etapas embrionarias como en su forma adulta.

No es, por lo tanto, un accidente que Von Baer, al igual que otros distinguidos científicos (por ejemplo, Geoffroy, Pander, Agassiz) trabajara tanto en la embriología como en la paleontología; o que el propio Bronn expresara los resultados de sus investigaciones paleontológicas en términos de «leyes» similares a las establecidas en embriología. Por mucho que la analogía fuera mal utilizada en esta época, como, por ejemplo, en el caso de Chambers, en ambos casos esta concentración en las leyes fenomenológicas y no en los mecanismos causales, fue, sin duda, una sabia política para la investigación. Era más importante establecer, en primer lugar, cuáles eran las regularidades subyacentes a los cambios de forma que se producían en el desarrollo embrionario, y los cambios de fauna y flora que habían ocurrido en la historia de la Tierra, que intentar buscar explicaciones causales de estos cambios basados en datos objetivos insuficientes.

Tampoco debe asumirse que esta tradición caracterizaba tan sólo a aquellos que posteriormente expresaron reservas acerca de la teoría de Darwin. Por el contrario, puede encontrarse el mismo tipo de formulaciones en un famoso trabajo que Alfred Russel Wallace (1823-1914) envió desde Sarawak en 1855. En este breve ensayo, Russel argumentaba que la distribución geográfica y geológica de las especies sugería la «ley»

de que «Toda especie ha hecho su aparición coincidiendo, tanto en el tiempo como en el espacio con una especie preexistente próximamente relacionada con ella». Es muy probable que estuviera ya convencido de que la causa de esta «ley» era algún tipo de evolución transespecífica. Con todo, no hay razón para inferir que su utilización de la

«ley» y de la terminología de la «creación» fueran artimañas para ocultar sus verdaderas creencias: por el contrario, estaba haciendo lo mismo que muchos de sus coetáneos (incluido Bronn) al intentar circunscribir la naturaleza del origen de las especies definiendo el carácter de la «creación» en términos de regularidades fenomenológicas. Estas discusiones del problema no eran tabú por motivos religiosos: al

menos entre los científicos se asumía, de modo general, que la «creación» debía ser algún tipo de fenómeno natural. Lo que resultaba sospechoso para la comunidad científica de la época eran las especulaciones indisciplinadas acerca de este proceso. En 1855 Wallace sabía que no tenía ningún mecanismo causal que proponer y, por consiguiente, no sugirió ninguno: pero cuando tres años más tarde

se le ocurrió repentinamente la idea de la selección natural (como le había ocurrido a Darwin, independientemente, hacía casi veinte años), no dudó ni un momento en mandar un trabajo sobre el tema a Inglaterra para su posible publicación en una de las revistas científicas. Era su segundo ensayo acerca del problema y, transformado en un trabajo conjunto con Darwin, fue leído ante la Sociedad Linneana en 1858, y así se convirtió en la primera exposición pública de la teoría de la selección natural [230] . El hecho de que entonces no creara ninguna agitación se interpreta normalmente como muestra del letargo intelectual, o del oscurantismo, de los científicos de la época; pero, alternativamente, podría considerarse como signo de que este tipo de razonamientos acerca de la forma en la que se originaban las especies, eran ya familiares, y que no resultaba inmediatamente evidente, a partir de la exposición desnuda que se hacía en el trabajo, que esta nueva hipótesis fuera más plausible de lo que habían sido otras. En cualquier caso, no obstante, fue la llegada del trabajo de Wallace acerca de la selección natural lo que hizo que Darwin archivara su lenta preparación de un gigantesco trabajo con ese título, y compusiera a toda velocidad el convincente «resumen» que se publicó en 1859 como el *Origen de la especies*.

IV

Antes de considerar el modo en que Darwin utilizó la evidencia de la paleontología, merece la pena resumir los rasgos fundamentales de la síntesis de Bronn, ya que representa con precisión el estado general de la opinión paleontológica de la época. Al igual que Lyell, y Cuvier antes que él, Bronn y la mayor parte de los biólogos de los años 1850 creían en la realidad objetiva de las especies como unidad en la historia natural, en parte debido a que no existían evidencias positivas a favor de la variabilidad más allá de unos estrechos límites específicos, pero, más fundamentalmente, debido a que cualquier otra conclusión hubiera entrado en conflicto con su fuerte convicción de que cada especie estaba especialmente «adaptada» a su modo apropiado de vida. Esto se expresaba en ocasiones —pero no siempre — en el lenguaje tradicional del «diseño»; pero estaba basado tanto en la experiencia de los biólogos de la asombrosa complejidad de las adaptaciones, como en el deseo de utilizar la evidencia del diseño para los fines de la teología natural. Creer que unos mecanismos orgánicos tan intrincadamente coordinados hubieran surgido por «azar» o «accidente», como parecían implicar teorías como las de Geoffroy, era literalmente inconcebible: cualquiera que pudiera ser la

fuerza creativa, en opinión de Bronn y sus colegas debía incluir sin duda el poder de regular la adaptación precisa de cada nueva especie producida. Una vez aparecida, esa especie tendría necesariamente una variabilidad limitada, ya que fuera de esos límites dejaría de ser viable.

Bronn aceptó la posición de Lyell (o, por ser más precisos, ambos se adhirieron al mismo consenso de opinión) no sólo en torno a la realidad de las especies, sino también acerca de la naturaleza gradual y fragmentaria de los cambios de fauna y flora en el transcurso del tiempo geológico. Así, pues, necesariamente, ambos interpretaban todo cambio aparentemente abrupto entre formaciones, como puramente accidental. Tales cambios no obedecían, como creía una minoría en disminución de científicos como Élie de Beaumont y Agassiz, a acontecimientos repentinos a amplia escala, o incluso a escala global: no eran más que el resultado natural de la ausencia local de estratos, que representaban intervalos de tiempo en el transcurso de los cuales el mundo orgánico había cambiado según su modo habitual.

No obstante, Lyell y Bronn divergían acentuadamente en la cuestión

del *grado* de imperfección del registro fósil. Dado que Lyell seguía aferrándose desesperadamente a su visión de equilibrio de la historia del mundo orgánico[231], se veía obligado a mantener con igual tenacidad su punto de vista de que el registro fósil era extremadamente imperfecto —tan imperfecto que toda apariencia de «progreso» en la historia de la vida no era más que una ilusión. Con todo, este punto de vista se hacía cada vez más insostenible. Irónicamente, fue la vindicación de la creencia de Lyell en un cambio orgánico lento y fragmentario, la principal responsable de la pérdida de credibilidad de su teoría de que no había habido «progreso» en la historia de la vida: cada descubrimiento de una nueva formación, de una fauna y una flora que podían intercalarse en la sucesión ya conocida, constituía una ulterior evidencia no sólo en favor del cambio orgánico gradual, sino también de la relativa perfección del registro fósil. Por supuesto, Bronn y otros paleontólogos eran tan conscientes como Lyell de las imperfecciones intrínsecas del registro: de todos los grupos de organismos que sólo quedaban preservados en circunstancias excepcionales (por ejemplo, insectos), o que jamás quedaban preservados como fósiles. No obstante, esto no afectó a su creciente confianza en la adecuación del registro fósil como evidencia para definir las grandes líneas maestras de la historia de aquellos grupos que poseían partes esqueléticas fácilmente fosilizables. En otras palabras, reconocían que el registro fósil distaba de ser perfecto, pero que dentro de unos límites definibles, cada día resultaba más fiable como *muestra* de la historia pasada de la vida.

Esta muestra parecía confirmar, de manera nada ambigua, que *se habían producido* ciertos tipos de «progreso» en la historia de la vida. En el seno de algunos grupos (en

especial, los vertebrados) habían aparecido, sucesivamente, clases con una organización cada vez más «superior» y compleja con el transcurso del tiempo; en un número mucho mayor de grupos había habido al menos un incremento en la diversidad taxonómica y adaptativa. Por otra parte, existían límites definidos a este «progreso»: en particular, las formas más antiguas de vida conocidas pertenecían ya claramente a uno u otro de los grandes grupos (como las primeras fases de los embriones de von Baer), y no eran

«imperfectos» en ningún sentido evidente. También estaban mal adaptados con relación a formas posteriores(49): no había evidencia alguna sobre su desarrollo gradual a partir de «mónadas» rudimentarias. Pero si Lyell se sintió gratificado con esta confirmación de que las teorías lamarckianas resultaban menos sostenibles que nunca, debió sentirse también desconcertado al descubrir que la

investigación geológica de los estratos más primitivos aportaba cada vez más evidencias en contra de su hipótesis de la destrucción por metamorfismo de los primeros «capítulos» de la historia de la vida. La realidad del metamorfismo, fenómeno concomitante a la actividad ígnea y tectónica, había sido ya aceptada en el mundo de la geología, pero los sedimentos no metamorfizados que Murchison, Sedgwick y otros habían empezado a describir, constituían una evidencia acumulativa de que el metamorfismo, por sí sólo, no podía explicar la progresiva desaparición del registro fósil cuando se le seguía el rastro hasta los estratos más antiguos del Palezoico. Esto parecía constituir una evidencia genuina de que los comienzos de la vida sobre la Tierra habían quedado preservados igual de adecuadamente (aunque no perfectamente, ni mucho menos) que los de otros períodos de su historia. Lyell se vio reducido a la elaboración de acrobacias intelectuales, cada vez más elaboradas, para poder pasar por alto estas evidencias, y para reafirmar la extrema imperfección y poca fiabilidad del registro fósil. Pero para Bronn y la mayor parte de los paleontólogos no eran necesarias estas acrobacias. El registro fósil podía leerse directamente como un libro (la metáfora favorita para los autores científicos de todas las tendencias), que resultaba, efectivamente, defectuoso en partes, pero que no era tan fragmentario como para resultar equívoco por completo.

Tras esta estimación optimista del registro fósil, vino, como ya habíamos sugerido, una progresiva pérdida de fundamento de las teorías lamarckianas de la transmutación gradual de las especies. No existía evidencia fósil de que una especie se transformara gradualmente en otra al seguir su pista a través de estratos sucesivos, y —lo que era mucho más serio— no existía evidencia fósil alguna de que ninguno de los grandes grupos, con sus tipos característicos de organización anatómica, tuvieran antecesores comunes.

Con esto no pretendemos decir, por supuesto, que no hubiera evidencia de otras fuentes que sugirieran algún tipo de «afinidades» entre diferentes clases de organismos.

Por el contrario, desde que Cuvier sistematizó el estudio de la anatomía comparada, se

sabía que las diferentes clases de cada *embranchement* (por ejemplo, mamíferos, aves, reptiles, etc., entre los vertebrados) tenían multitud de rasgos de su construcción anatómica en común, y que estas similitudes eran independientes de las modificaciones adaptativas de las especies individuales. Retrospectivamente, es fácil apreciar de qué modo la existencia de tales homologías podía transformarse en

evidencia en favor de un origen evolutivo común de las clases implicadas, pero al mismo tiempo, esta conclusión no era en absoluto evidente por sí misma, ya que la explicación alternativa de Owen en términos de arquetipos, era considerada, en general, más satisfactoria.

V

Éste era el clima intelectual poco propicio en el que Darwin se vio obligado a intentar convencer a la comunidad científica de que una teoría evolutiva no era simplemente algo científicamente respetable, sino que era plausible. A mediados de los años 1850, el propio Darwin era conocido y respetado como distinguido naturalista, como geólogo de cierta originalidad y como biólogo sistemático competente. Su viaje en el *Beagle* veinte años atrás, había sido fundamentalmente importante para que tuviera una experiencia vívida, de primera mano, del tipo de fenómenos a gran escala, tanto biológicos como geológicos, que estaban poniendo a prueba las mentes de la mayor parte de los naturalistas de la época: por ejemplo, los problemas de la elevación de cadenas montañosas, así como los de la biogeografía. Sus propias observaciones habían sido más cuidadosas y competentes que originales, y no existe realmente evidencia de que sus ideas acerca de las especies fueran especialmente heterodoxas. Una de sus pocas contribuciones originales a los debates científicos surgidos del viaje, había sido su interpretación, muy lyelliana, de los arrecifes de coral y los atolones; fue como geólogo como Darwin se introdujo por vez primera en los círculos científicos tras su regreso a Inglaterra.

No obstante, al empezar a escribir acerca de los resultados científicos del viaje para su publicación, empezó a darse cuenta del papel central del problema de las especies, y comenzó, en una famosa serie de libros de notas, a especular libremente sobre el tema (un método que contrasta extrañamente con sus reminiscencias, muy posteriores, de que su enfoque había sido un enfoque «baconiano» y desapasionado, una recolección de datos) [232]. Una vez embarcado en este cuestionamiento de la creencia convencional en las limitaciones intrínsecas de la variación intraespecífica, le fue posible apreciar hasta qué punto eran relevantes, en las especies animales y vegetales, los comentarios, muy anteriores, de Malthus acerca de las interacciones entre el suministro de alimentos y las tasas de reproducción en las poblaciones humanas [233]. Ya en 1842 estaba lista su hipótesis de la «selección natural» en el mundo salvaje —directamente análoga a la selección artificial utilizada por los criadores para mejorar sus razas animales y vegetales—, para ser trazada como postulado central de una teoría del *mecanismo* causal de la aparición de especies [234].

Incluso en este primer esbozo, desempeñó un papel crucial su anterior

trabajo como geólogo. Su hipótesis acerca de la producción de nuevas especies a partir de variedades y razas, era análoga a su interpretación de los arrecifes circulares y los atolones como fases diferentes de un mismo proceso gradual; pero, lo que es aún más significativo, utilizó su hipótesis uniformista de la elevación y el hundimiento continental como mecanismo para eludir la objeción del propio Lyell a la transmutación lamarckiana.

Lyell había argumentado que, incluso aunque no hubiera límites intrínsecos a la variación (cosa que dudaba), un cambio de entorno seguiría sin producir una transmutación de las especies en nuevas formas, ya que se verían extirpadas por la invasión de otras especies mejor adaptadas ya a las nuevas condiciones. Darwin, por el contrario, se dio cuenta de que esto no se aplicaría en el caso de un continente que emergiera gradualmente desde debajo del nivel del mar. Mientras estuvieran emergiendo los puntos más elevados de tal continente en forma de superficies insulares gradualmente mayores, sus faunas y floras, inicialmente restringidas, irían encontrándose frente a una diversidad continuamente creciente de hábitats; y aun así, su aislamiento geográfico las protegería de toda competencia con especies adaptadas ya a estos nuevos hábitats. Por ello, no había «lugar tan favorable para la generación de nuevas especies» como una zona insular. Por el contrario, un continente que se estuviera hundiendo gradualmente en el mar (dejando, de haber estado situado en latitudes tropicales, arrecifes cerrados y atolones como signos de su hundimiento) sería el área *menos* favorable para la especiación.

La forma lyelliana de esta hipótesis ofreció a Darwin un valor explicativo añadido: él creía que las posibilidades de fosilización de los organismos terrestres eran mínimas en las áreas de elevación, donde se estaría produciendo la especiación, mientras que las condiciones en las que habría un máximo de probabilidades de que estos organismos quedaran preservados, eran las de las zonas de hundimiento, en las que *no* se estaría produciendo la especiación. Este razonamiento parecía eliminar limpiamente una de las más formidables objeciones a las hipótesis de la transmutación gradual, ya que bajo las circunstancias postuladas no resultaba sorprendente que la evidencia fósil directa de la transmutación brillara por su ausencia; de hecho, escribió Darwin, sería «maravilloso si obtuviéramos formas de transición» preservadas.

A Darwin le preocupaba claramente, incluso en esta primera fase, el que la paleontología no respaldara una teoría evolutiva: «Si las opiniones de algunos geólogos son correctas», se advertía a sí mismo, «habrá que abandonar mi teoría». Las opiniones a las que se refería

eran que el registro fósil, a pesar de todas sus evidentes lagunas

locales y sus imperfecciones intrínsecas, era una muestra de la historia de la vida —

opinión generalizada—, que resultaba cada vez más fiable y (relativamente) completa.

Frente a esta opinión, la creencia de Darwin en una evolución transespecífica extremadamente lenta, le obligó a adoptar lo que él llamó «la doctrina de Lyell llevada a su extremo», es decir, a aseverar que el registro fósil era más fragmentario y menos fiable incluso de lo que creía Lyell. El registro fósil era visualizado, como hemos visto, como una especie de libro en el que faltaban, sin duda, muchas páginas, pero en el que la investigación iba rellenando gradualmente las lagunas, y mejorando en general el texto. Lyell había argumentado, frente a este optimismo confiado, que no era probable que se hubieran conservado más que unas cuantas páginas de cada capítulo. Darwin se vio obligado a ir más allá al resaltar el carácter fragmentario del registro civil. Pero, como era característico en él, convirtió la necesidad en virtud, llegando a la conclusión de que «si la geología nos presenta unas pocas páginas de (un) capítulo, casi al final de una historia… los hechos se ajustan perfectamente a mi teoría».

Así, pues, incluso en el boceto realizado en 1842 de su teoría, Darwin se veía obligado a apoyarse mucho en la evidencia negativa al considerar la contribución paleontológica al problema de las especies. Dos años más tarde, en 1844, amplió su boceto convirtiéndolo en un ensayo cuidadosamente compuesto, que habría sido publicado caso de (como temía) haber muerto antes de poder poner punto final a un tratado más completo sobre el tema[235]. Hubo varios factores que se combinaron para posponer la publicación de esta versión más completa. Darwin era cauteloso por temperamento. Era consciente de que su teoría implicaba el rechazo de varios supuestos científicos muy queridos, en particular el de la variabilidad intrínsecamente limitada.

También era consciente de que, supuestamente, explicaba todos los aspectos precisamente coordinados y diseñados de la adaptación, en términos de un mecanismo que, aparentemente, dependería del azar y el accidente, y que por consiguiente, sería considerado metafísica y teológicamente repugnante, en especial en su aplicación al hombre. Sabía, pues, que la teoría sólo resultaría convincente si podía respaldarse por una gran masa de evidencias detalladas. Finalmente, no obstante, todos estos factores se vieron reforzados por la actitud, justificadamente despreciativa y burlona, con la que las

especulaciones de Chambers fueron recibidas por la mayoría de los científicos a los que Darwin más respetaba. Su propia teoría, si había de persuadir a la comunidad científica, tendría que ser considerada como algo perteneciente a una clase totalmente diferente: tendría que arrollar a sus críticos potenciales con el peso y la autoridad científica de sus argumentaciones.

El único modo que tenía de ganarse esta autoridad, era demostrando que era un sistemático competente, con un conocimiento de primera mano de los problemas prácticos que se plantean al enfrentarse con la variación intraespecífica y las variaciones

interespecíficas. Uniendo el pensamiento a la acción, se embarcó durante ocho años en una sólida investigación sistemática. No obstante, el grupo sobre el que decidió trabajar indica que sus intenciones iban más allá del deseo de demostrar sus credenciales científicas. Los percebes (Cirrípedos) eran un grupo muy apropiado, no sólo por haber sido situados en una posición «de transición» en algunas clasificaciones anteriores de los invertebrados, sino también porque ilustraban con singular claridad algunos de los rasgos de la diversidad orgánica, que cualquier teoría satisfactoria de la evolución tendría que explicar. Se sabía ya que en las primeras fases de su historia vital, los percebes eran larvas de crustáceos razonablemente normales, y que en una fase posterior se transformaban en organismos sésiles permanentes, convertían sus patas en un complejo mecanismo para la recolección de alimentos, y perdían muchas de las funciones y órganos asociados a una vida normal natatoria libre. Si había que explicar esta peculiar «regresión» a lo que podría considerarse una forma de existencia

«inferior» o menos compleja, en términos evolutivos, la «evolución» tendría que permitir tendencias regresivas del mismo modo que permitía las progresivas. No obstante, dado que la regresión era tan claramente adaptativa como las tendencias progresivas de otros organismos —los percebes eran un grupo de éxito manifiesto y estaban soberbiamente adaptados a su vida sésil—, esto sugería que tal vez hubiera una única explicación causal tras todos los cambios evolutivos tendentes a la simplicidad, en la misma medida en la que subyacía a los cambios hacia una mayor complejidad. En otras palabras, los percebes sugerían la existencia de una evidencia que confirmaba la hipótesis de Darwin de que debía ser el mismo tipo de presión selectiva malthusiana, la causalmente responsable de los dos tipos de cambio.

Esto implicaba un cambio crucial en los términos de referencia de

todo el problema.

A Lamarck le había parecido necesario postular una «tendencia» intrínseca a la mejora progresiva en los organismos, modificada de modo secundario por los requerimientos del medio ambiente. Las dos «leyes fundamentales» de Bronn son sorprendentemente similares a un nivel conceptual, a pesar de que rechazara la posibilidad de toda trasmutación lamarckiana: como hemos visto, postulaba una «ley» esencialmente direccional, y otra esencialmente adaptativa. A todos los electos, Darwin replanteaba el problema sugiriendo que una única «ley», un carácter esencialmente adaptativo, podría explicar no sólo los rasgos adaptativos de los organismos, sino también, simultáneamente, la existencia en la historia de la vida de tendencias, tanto

«progresivas», como casos «regresivos» ocasionales, como el de los percebes.

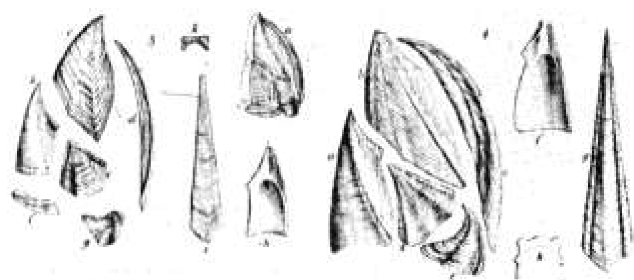


Fig. 5.1. Ilustraciones de Darwin de dos especies fósiles relacionadas de percebes procedentes de su trabajo de paleontología sistemática (1851)15. Adviértanse las ligeras, pero significativas diferencias en la forma de los dibujos homólogos del *Scalpellum quadratum* (izquierda) del Eoceno y el *S. fossula* (derecha) del Cretácico.

Darwin, refiriéndose a estas dos especies, las definió como «de formas diversificadas aunque constantes»; no disponía de evidencias fósiles en apoyo de la evolución gradual transespecífica, aunque en ese tiempo estaba trabajando en su hipótesis de la selección natural.

Resulta característico del interés que ponía Darwin en la dimensión paleontológica del problema, que abordara simultáneamente la

sistemática tanto de los percebes vivientes como de los fósiles. En su trabajo acerca de estos últimos[236], una referencia convencional a «la inagotable fertilidad de la Naturaleza en la producción de formas diversificadas, y aun así constantes», no daba la menor pista del carácter radical de su aún inédita teoría. No obstante, su reticencia no se debía sólo a su política de cautela científica, sino también al simple hecho de que sus percebes fósiles no ofrecían evidencias positivas de una evolución transespecífica lenta: por el contrario, confirmaban la opinión general de que la variación intraespecífica tenía unos límites definidos, y que las especies eran, en efecto, «formas diversificadas pero constantes» si se les seguía la pista a lo largo del tiempo geológico (fig. 5.1).

Mientras Darwin se enfrentaba a las dificultades empíricas del trabajo con especies naturales, estaba también realizando trabajos de mucha mayor importancia para su teoría. Estaba explorando las implicaciones de su analogía central entre la selección artificial y la selección natural, estudiando el grado de variación que podía obtenerse por hibridación, en especial en las palomas. Sus propios experimentos, y su amplia correspondencia con personajes de gran experiencia en el terreno de la crianza de animales, habrían de introducir todo un nuevo campo de evidencias en el problema de las especies. Pero, por supuesto, su relevancia dependía de la validez de la analogía. Al parecer, para el propio Darwin era no sólo válida la analogía estricta, sino también metodológicamente importante como la mayor aproximación posible al actualismo lyelliano. Si la transmutación de las especies era demasiado lenta como para ser observada en acción en una escala temporal humana, como había afirmado Lamarck, el

actualismo era estrictamente inaplicable. No obstante, Darwin parecía pensar que los experimentos de hibridación artificial podían servir como réplica acelerada de lo que debía haber pasado, mucho más lentamente, en condiciones naturales. Esta confianza, con todo, dependía de que se tomara la analogía muy seriamente, y había que asumir que la «Naturaleza» (a la que el lenguaje de Darwin tendía a personificar)

«seleccionaba», en efecto, en formas directamente comparables a la acción consciente de un criador humano[237].

VI

Darwin empezó a escribir su extenso tratado *Natural Selection* en 1856, pero, como hemos visto, se vio desbordado por los acontecimientos, y tuvo que publicar a toda prisa un «resumen», *On the Origin of Species by Means of Natural Selection* [238] . El trabajo más completo siguió sin publicar, aunque algunos fragmentos fueron incorporados a sus posteriores libros sobre temas concretos.

El *Origen* era, a todos los efectos, una versión ampliada del ensayo de 1844 de Darwin, y conservaba de él una estructura característica de argumentaciones y equilibrio en el contenido. De trece capítulos (excluyendo un resumen final de todo el libro), dedicaba nada menos que ocho a la variabilidad de los organismos en condiciones domésticas y en condiciones naturales, a la analogía entre la selección artificial y la selección por la «Naturaleza», y a cuestiones relacionadas con ésta a nivel de especie. Lo que es más, éstos eran los ocho *primeros* capítulos, el corazón del libro, y su objetivo era claramente establecer la plausibilidad de la selección natural como mecanismo de la evolución transespecífica. Sólo en los últimos cinco capítulos, abordaba Darwin brevemente las implicaciones de aplicar esta teoría microevolutiva a la evidencia a gran escala del registro fósil, de la biogeografía, y de la anatomía y la embriología comparadas.

De estos temas «accesorios», el primero seguía siendo con mucho el que más preocupaba a Darwin. Era perfectamente consciente de que la paleontología, por la naturaleza intrínseca de su material, era la única disciplina que podría suministrar evidencia directa y positiva de que las variedades y las razas habían, en efecto, dado lugar a nuevas especies en el transcurso del tiempo; o que la evolución, a un nivel superior al específico, pudiera realmente explicar la diversificación observada en la historia de la vida. Pero, como hemos visto, fue precisamente esta evidencia positiva, lo que *no* suministraba la paleontología. Como se presentía en los primeros borradores de su teoría, Darwin se vio obligado, por lo tanto, a recurrir a la actitud ultralyelliana de considerar que el registro fósil era extremadamente imperfecto. Tuvo que recurrir, abundantemente, a la evidencia negativa para explicar la ausencia, aun más embarazosa, de formas intermedias entre las principales clases de organismos.

Semejantes argumentaciones tenían una cierta plausibilidad en 1842;

pero ya en 1859, el progreso de la investigación paleontológica, en especial en los estratos paleozoicos más antiguos, había hecho que la posición de Darwin tuviera un sospechoso tufillo a rogativa(50).

Su razonamiento resultaba más convincente en la interpretación de la biogeografía; y en el terreno de la anatomía y la embriología comparadas no podía por menos que resultar convincente para cualquier lector que considerara insatisfactorio el carácter

«metafísico» de la interpretación arquetípica de Owen, y que estuviera por lo tanto predispuesto a considerar favorablemente una explicación evolutiva de la diversidad anatómica. Fundamentalmente, no obstante, las perspectivas de la teoría dependían de la credibilidad de la primera parte del libro —y en especial, de la validez de la analogía entre la selección natural y la artificial— y de la aceptabilidad de la utilización generalizadora de Darwin de un registro geológico imperfecto para salvar la carencia de evidencias fósiles positivas en favor de una evolución transespecífica extremadamente gradual.

Las insólitas circunstancias en las que se publicó el *Origen* otorgaron a la teoría de Darwin una gran ventaja que podría no haber tenido: era un texto breve, relativamente poco técnico, y por consiguiente, accesible a un amplio sector del público y no sólo a la comunidad científica profesional. Si la teoría se hubiera publicado en la forma prevista, resulta dudoso que hubiera tenido el mismo impacto en las corrientes del pensamiento exteriores a la biología. Por otra parte, la forma en la que fue publicado fue, de hecho, comprensiblemente decepcionante para los colegas científicos de Darwin. El estilo de su obra era aun más similar al trabajo de un abogado de lo que lo había sido el trabajo de Lyell; pero las persuasivas líneas imaginativas de pensamiento que invitaba a seguir al lector, no estaban respaldadas, como las de Lyell, por una evidencia amplia y detallada, ni por citas completas del trabajo de otros científicos. Y, no obstante, el *Origen* afirmaba ser un trabajo de investigación científica original, y no fundamentalmente una obra de divulgación.

Con todo, los colegas de Darwin no fueron tan puntillosos como para rechazar sus razonamientos sobre la base de la forma poco convencional de su publicación. Aunque lamentaran la falta de una documentación detallada, y esperaran con expectación la publicación de la obra completa, no dejaban de reconocer la importancia de la hipótesis de Darwin. Bronn, por ejemplo, vio de inmediato que merecía ser considerada con toda la amplitud posible por la comunidad científica, y por consiguiente, la puso a disposición de la comunidad en la principal lengua científica de la época, publicando la

primera edición en alemán, ya en 1860. Bronn se daba cuenta de que Darwin proponía,

a todos los efectos, que la «selección natural» era el mecanismo a través del cual podría haber actuado la «fuerza creadora». Si bien no estaba convencido de que este mecanismo resultara totalmente satisfactorio, era sin duda el *tipo* de hipótesis que podía aprobar de todo corazón; veía claramente que constituía una importante contribución al debate aun vigente acerca del carácter del agente natural de la «fuerza creadora».

La teoría fue considerada bajo el mismo punto de vista por otro distinguido paleontólogo, François-Jules Pictet (1809-1872) —coetáneo de Darwin—, cuya reseña del *Origen*, publicada en 1860 en una revista suiza de amplia distribución, atrajo la atención del mundo francófono sobre el libro (el libro en sí fue publicado en francés en 1862).

«Hace mucho tiempo que no leíamos algo de tan gran alcance, o de mayor interés, acerca de esta cuestión difícil y controvertida», escribió, alabando el trabajo de Darwin de modo especial, porque el problema se presentaba «bajo una nueva forma y, en cierta medida, alejado de la rutina habitual» de las especulaciones evolutivas. En otras palabras, la primera parte del *Origen*, al concentrarse en la variabilidad de las especies vivientes e introducir el concepto de la selección natural, había introducido en el problema nuevas áreas de evidencia [239] .

Para Pictet, los razonamientos de Darwin resultaban muy convincentes —pero sólo hasta cierto punto: «Llegó un momento en el que su imaginación empezó a moverse más deprisa que la mía, donde llegaba a algunas conclusiones que no me parecen acordes con los hechos expuestos». Pictet estaba dispuesto a creer que las variedades transitorias podían, en efecto, convertirse en nuevas especies bajo la influencia de la selección natural —él mismo había expresado la probabilidad de la existencia de algún mecanismo de evolución interespecífica hacía ya mucho tiempo, en su muy respetado *Treatise on Palaeontology* (publicado el mismo año en que Darwin escribió su ensayo resumen) [240] . Pero después se producía «un salto repentino» en el libro de Darwin,

«por el cual se pide al lector que pase del cuidadoso estudio de los hechos a las más extremas consecuencias teóricas». «Una lógica inflexible» llevaba a Darwin a extrapolar sus hipótesis del nivel interespecífico —que Pictet aceptaba sin dificultad— hasta la

evolución de toda forma de vida a partir de unos pocos, o incluso un único tipo original. Una extensión tan radical de la teoría, planteaba graves dificultades. ¿Cómo podían formarse órganos con funciones fundamentalmente nuevas, por medio de una transición gradual —los pulmones a partir de las branquias, o las alas a partir de las patas anteriores— sin una pérdida fatal de viabilidad en las etapas intermedias? De hecho, cuanto más se subrayaba (como hacía Darwin) la lucha por la existencia, tanto más insalvable resultaba esta objeción ya antigua. Pictet estaba de acuerdo en que Darwin había conseguido reunir poderosas evidencias indirectas en favor del origen común de todas las especies en el seno de cada uno de los grandes grupos taxonómicos: la teoría tenía un gran valor explicativo al ser aplicada a algunas evidencias de la

anatomía comparada, de la embriología e incluso de la paleontología. Esto planteaba un curioso dilema: que una teoría tan atractiva en algunos terrenos, resultaba científicamente inaceptable en otros, y con todo ¿qué mejor alternativa podía proponerse? «Aquí», decía Pictet, «me siento demasiado débil y muy cercano al *no lo sé*, la respuesta habitual a estas misteriosas cuestiones». No obstante, expuso de nuevo, de modo tentativo su propio punto de vista —que la «fuerza» de la «generación normal», cuyos efectos habían sido sustancialmente ampliados por el trabajo de Darwin sobre la variabilidad, tenía necesariamente que verse complementada, de cuando en cuando, por la acción de una «fuerza creadora», que sería la única que podría justificar la aparición, aparentemente repentina, de tipos fundamentalmente nuevos de organización. Aunque la naturaleza de esta segunda fuerza seguía siendo desconocida, Pictet subrayaba (al igual que Bronn) que debía ser tan *natural* como otras fuerzas del mundo físico. Argumentaba que incluso el propio Darwin sentía reticencia a postular un origen común de todos los grandes grupos de animales y, *a fortiori*, el origen común de los animales y las plantas; por lo que, también Darwin, estaba aceptando implícitamente un papel limitado para la fuerza creativa de Pictet, y el desacuerdo entre ellos se centraba en realidad en los papeles relativos desempeñados por los dos agentes.

La reseña de Pictet ilustra la reacción típica de los paleontólogos, y otros muchos biólogos, frente a la teoría de Darwin. Resultaba plausible como explicación de cambios a pequeña escala, pero cuanto mayor fuera la escala en la que se aplicara, tanto más difícil de creer resultaba. Era relativamente fácil imaginar que la variación intraespecífica, influenciada por la selección natural, pudiera dar lugar a especies nuevas de formas y hábitos razonablemente similares; resultaba mucho más difícil concebir de qué modo la organización,

fundamentalmente diferente anatómica y fisiológicamente, de los grandes grupos de organismos, pudiera haberse originado por los mismos medios, por muchos millones de años que se atribuyeran al proceso. Y lo que era aún más grave, el registro fósil no suministraba evidencia alguna de estas transiciones graduales.

Este último punto fue recogido por John Phillips, que había llegado a ser ya uno de los principales paleontólogos de Gran Bretaña y catedrático de paleontología en Oxford.

En 1860, siendo también presidente de la Geological Society, dio en Cambridge la conferencia titulada *Life on the Earth: its Origins and Succession*, en la que revisaba la evidencia actual de la paleontología a la luz de la teoría de Darwin[241]. La mayor parte de los paleontólogos de la época, probablemente habrían estado de acuerdo con él cuando mantenía que Darwin había exagerado groseramente el caso de la imperfección del registro fósil. Desde luego era imperfecto, pero a grandes rasgos, y en particular en el caso de los animales marinos con concha, era lo suficientemente bueno como para poner a prueba la posibilidad de la propuesta de Darwin de cambios transespecíficos

extremadamente lentos. No sólo no existía evidencia positiva fósil alguna de tales transiciones, sino lo que era más serio, estaba ya claro que las formas más primitivas de vida conocidas del Paleozoico eran organismos altamente complejos; y la ausencia de precursores más sencillos, *no* podía atribuirse ya al carácter metamórfico de las rocas más primitivas. La panorámica realizada por Phillips del registro fósil, muestra que era claramente consciente de la enorme escala del tiempo geológico. Pero ésta, en su opinión, no justificaba que Darwin multiplicara esa escala temporal extravagantemente, con el único fin de acentuar las lagunas existentes en el registro, eludiendo las dificultades que éste le presentaba (fig. 5.2).

VII

El carácter melodramático de un famoso episodio de una reunión en Oxford de la British Association en 1860, en la que el amigo de Darwin, Thomas Huxley (1825-1895) atacó a Samuel Wilberforce, ha tendido a convertirse, retrospectivamente, en un símbolo de la visión del debate darwiniano como un simple conflicto entre ciencia y religión. De hecho, resulta difícil descubrir qué fue lo que ocurrió exactamente en esa ocasión, ya que la mayor parte de las referencias proceden de veinte o treinta años después, y están evidentemente teñidas por unas divisiones ideológicas mucho más acentuadas, desarrolladas en ese tiempo. Lo que sí que parece claro, con todo, una vez eliminado el elemento mitológico del episodio, es que los comentarios jocosos del entonces obispo de Oxford acerca de la teoría de la evolución, resultaban tan embarazosos para la mayor parte de los científicos presentes, como ofensivos eran para Huxley, que saltó en defensa de Darwin. En el desarrollo del debate darwiniano es importante distinguir entre las reacciones de la comunidad científica y académica, y las reacciones a un nivel menos sofisticado [242] . Gran parte de la supuesta oposición religiosa, por ejemplo, fue una reacción conservadora de los clérigos y las personas creyentes, que se habían visto protegidas por el aislamiento intelectual de Gran Bretaña del rápido desarrollo de la teología crítica en el continente. El *Origen* de Darwin era considerado, en general, sólo como parte de una amenaza mucho más amplia para el literalismo de una ortodoxia confortablemente atrincherada —amenaza que quedaba encarnada de modo mucho más sustancial en *Essays and Reviews* (1860). Sin este texto, que finalmente atrajo la atención del público lector inglés hacia la teología alemana, el trabajo de Darwin podría no haber tenido grandes repercusiones inmediatas fuera de los círculos científicos.



Fig. 5.2. Diagrama de Phillips del fluctuante, pero progresivo, incremento de la diversidad de la vida a lo largo de la historia de la Tierra (1860): las principales fases del cambio delimitaban tres grandes eras en la historia de la vida. La extensión relativa de las eras fue calculada a partir de los registros máximos de los estratos conocidos, y su duración se estimó en alrededor de un total de cien millones de años (esto supone cinco o seis veces menos que las modernas estimaciones radiométricas, mientras que las estimaciones de Darwin eran cinco o seis veces más largas).

Esto no quiere decir que no hubiera componentes metafísicos o teológicos en la posición de científicos como Richard Owen, que escribió una de las primeras y más importantes reseñas críticas del *Origen* (y que, se dice, preparó a Wilberforce para su discurso ante la British Association) [243]. Pero las críticas de Owen a la teoría de Darwin no constituían una defensa del literalismo bíblico o de la creación especial. Lo que estaba en juego era la *naturaleza* del proceso

evolutivo y, en particular, su carácter «de diseño». Resulta casi imposible describir hasta qué punto la profunda convicción de Owen acerca del carácter «planificado» del mundo orgánico, estaba basada en convicciones teológicas, y hasta qué punto lo estaba en su experiencia biológica: es probable que la distinción sea, en último término, fútil. Pero cualesquiera que fueran sus raíces en la mente de Owen —y en la de la mayor parte de sus coetáneos científicos— está claro que les llevó a oponerse al *mecanismo* de la evolución propuesto

por Darwin, más que a la idea de la evolución en sí. Lo que resultaba insatisfactorio, e incluso repugnante, de la teoría de Darwin era que, supuestamente, explicaba toda la

«planificación» del mundo orgánico —tanto las intrincadas adaptaciones de los organismos individuales como la gran obra de la historia de la vida— en términos de la interacción de variaciones fortuitas y de cambios ambientales impredecibles.

Por lo tanto, cuando en 1960 Owen publicó una obra general, *Palaeontology*, aceptó de modo explícito la probabilidad de la existencia de «un poder creativo secundario de acción continuada» como agente responsable de la evolución de diversos organismos en el transcurso del tiempo [244] . El lenguaje de Owen recuerda al de Bronn y Pictet, con cuyos trabajos estaba, casi con seguridad, familiarizado; ninguno de ellos tenía la menor duda de que el agente causal implicado era «secundario», es decir, *natural*. Pero Owen subrayaba la necesidad de distinguir claramente la proposición de que «las especies sean el resultado de una causa secundaria continuamente en acción», de la cuestión de

«el modo de actuación de tal causa creadora». Podía aceptarse la primera (como hacía el propio Owen) sin estar necesariamente convencido de la adecuación de ninguna de las versiones existentes en el momento de la segunda. La versión propuesta por Darwin y Wallace era, según Owen, inadecuada, fundamentalmente porque «no se han registrado aún… observaciones de la transformación de una especie en otra». En otras palabras, Owen atacaba a Darwin con un arma metodológica suministrada por Lyell: y estaba atacándole en su punto más vulnerable; es decir, en torno a la falta de evidencia fósil en favor de la evolución. Darwin, por supuesto, había intentado cubrirse las espaldas en ese terreno, recurriendo al hincapié hecho por Lyell en la vasta escala del tiempo geológico y la imperfección del registro fósil, pero, inevitablemente, esto parecía una defensa.

La posición de Lyell en relación con la teoría de Darwin era —bastante

lógicamente— muy compleja. Varios años antes había empezado a reconsiderar sus puntos de vista originales acerca de la estabilidad de las especies, y fue en gran medida el peso de su opinión lo que convenció a Darwin de que debía publicar su teoría [245] .

Darwin se había visto profundamente influenciado por la metodología de Lyell; y con todo, éste se sentía lógicamente reticente a adherirse a ninguna teoría evolutiva —

aunque fuera de Darwin—, ya que esto parecería implicar, después de todo, que los

«progresistas» habían estado (al menos en parte) en lo cierto, y Lyell equivocado al aferrarse tan tozudamente a la visión de un estado estacionario para la historia de la vida. Hasta 1868 Lyell no salió públicamente a defender la posición de Darwin. Incluso entonces, la relativa falta de entusiasmo del apoyo de Lyell constituyó una decepción para Darwin —aunque de hecho Lyell es merecedor de un gran respeto por realizar tan difícil *volte face* en público cuando se aproximaba a los setenta años.

Resulta significativo que la primera declaración importante de Lyell acerca de la teoría de Darwin fuera incluida, casi como una disgresión, en su libro semidivulgativo *Antiquity of Man* [246] . La paleontología de la especie humana acababa de resurgir recientemente, pasando a primera línea de los debates científicos, fundamentalmente como resultado de las excavaciones realizadas en la cueva de Brixham, en Devonshire, en 1858. Al contrario que en la mayor parte de las cuevas anteriormente excavadas, la evidencia en favor de la coexistencia del hombre primitivo, fabricante de herramientas, y los mamíferos extintos del Pleistoceno, resultaba en este caso incontestable. Casi al mismo tiempo se vio confirmada la validez de un período «Paleolítico» en la historia humana por la postergada vindicación de las proclamas hechas durante muchos años por un oficial francés de aduanas, y arqueólogo *amateur*, Boucher de Perthes, de que había encontrado herramientas de pedernal *in situ* en las gravas del Somme (las afirmaciones de Boucher habían sido tratadas con extremado escepticismo por la comunidad científica, probablemente porque las utilizaba para respaldar una teoría diluviana, por aquel entonces ya anticuada). Empleando los ya establecidos métodos de la paleontología estratigráfica, el Paleolítico había sido subdividido en 1860 en varios períodos, en los que el hombre primitivo había estado asociado con diferentes faunas de mamíferos. Los trabajos arqueológicos, mientras tanto, habían ido arrojando una nueva luz sobre las culturas más recientes del «Neolítico», la «Edad de Bronce» y

la «Edad del Hierro» [247] .

Toda esta masa de investigaciones fue muy importante debido a que remontaba la historia del hombre, de forma nada ambigua, hasta la escala temporal geológica, y mostraba que había habido tiempo más que suficiente para la diferenciación muy gradual de las diversas razas de la humanidad, y para el lento desarrollo de sociedades civilizadas. (Las implicaciones políticas de esta conclusión no eran para nada despreciables, ya que ayudó a minar las teorías de la época acerca de los orígenes separados de las diversas razas —teorías que, entonces igual que ahora, estaban siendo utilizadas para otorgar una respetabilidad «científica» a las actitudes racistas).

No obstante, si bien Lyell podía bosquejar una historia «evolutiva» de la propia especie humana, no podía aportar ninguna evidencia positiva acerca de su origen. Ya en los años 1830, los restos de esqueletos humanos se habían encontrado asociados con mamíferos extintos, pero se encontraban dentro del espectro de variación de la especie humana viviente. Los primeros primates fósiles fueron descubiertos en torno a esta misma época; pero con una excepción, no se conocía ningún homínido fósil. La excepción fue el primer cráneo de Neanderthal, descubierto en 1856. Pero la edad geológica de este fósil resultaba muy difícil de precisar, y cuando Huxley lo estudió se vio obligado a concluir que no era una forma intermedia entre el hombre y los antropoides —conclusión a la que probablemente llegara a regañadientes, dado que se

había convertido en uno de los primeros y más entusiastas defensores de Darwin [248] .

(La primera forma intermedia razonablemente plausible, el *Pithecantropus*, u «Hombre de Java», no fue descubierto hasta los años 1890).

No obstante, a pesar de la ausencia de evidencias positivas en favor del origen del hombre, Lyell se sintió preparado para insertar una sección acerca de la cuestión general de la teoría evolutiva, con la clara implicación de que, en última instancia, probablemente resultara aplicable incluso al hombre. Esta aplicación de la teoría —a la que Darwin, sabiamente, sólo se había referido de pasada— fue por supuesto el factor emotivo que había detrás de gran parte del debate darwiniano, incluyendo la confrontación pública entre Huxley y Wilberforce. Pero es importante señalar que lo que realmente estaba en juego no era el origen de la especie humana como tal, sino más bien el estatus de la mente y la consciencia, así como el lugar de la

moralidad en relación con el mundo material. Era posible, por consiguiente, razonar en favor del origen evolutivo de la especie humana, poniendo en duda al mismo tiempo que la evolución de la mente pudiera encajar en el mismo marco explicativo. Evidentemente esto suponía la aplicación de un dualismo cartesiano de mente y materia a la situación, pero era una actitud que había sido respaldada por su éxito heurístico en la biología, ya desde Descartes. En otras palabras, al incluir el estudio exclusivamente «corporal» del hombre en el seno de la historia natural (por ejemplo, en la anatomía comparada y la fisiología) había sido posible estudiar la naturaleza y la historia del hombre como parte del mundo orgánico, sin empantanarse en la metafísica de la mente humana. Por supuesto, la penalización impuesta por esta compartimentación del conocimiento fue muy grande, y las ciencias humanas padecen aún sus efectos; pero esto no debe cegarnos ante sus ventajas históricas.

Al explicar su conversión a un punto de vista evolutivo, Lyell siguió los pasos de Darwin, y convirtió la necesidad en virtud al explicar la falta de evidencias fósiles positivas en favor de la lenta transmutación de las especies. La extremada imperfección del registro fósil lo explicaba todo. Aun así, Lyell se encontró en la curiosa posición de creer con tanta vehemencia que la paleontología *era incapaz* de suministrar evidencias en favor de la evolución, que ni siquiera llegó a considerar las posibles evidencias fragmentarias que podría aportar. Así pues, al explicar la ausencia de formas intermedias, citaba exclusivamente las dificultades de los sistemáticos a la hora de decidir dónde se encontraban las fronteras de las especies fósiles (usando de forma prominente el soberbio trabajo de Thomas Davidson sobre los braquiópodos). Pero éste era el razonamiento que el propio Lamarck había utilizado mucho antes. Lyell no sugería siquiera la posibilidad de una búsqueda de *sucesiones* de especies fósiles que pudieran ser significativas en términos evolutivos, aunque la sucesión fuera excesivamente incompleta como para mostrar con detalle los cambios transespecíficos.

De modo similar mencionaba el reciente descubrimiento de fósiles preservados en circunstancias excepcionales. Por ejemplo, el trabajo de Oswald Heer sobre los insectos del Mioceno y las plantas de Oeningen en Suiza, ignorando el hecho de que tales preservaciones fortuitas no se aplicaban del mismo modo a todos los grupos. También citaba el reciente descubrimiento de formas fósiles que tendían a cubrir anteriores vacíos en el registro fósil: por ejemplo, la rica fauna del Triásico[51] de St. Cassian, en los Dolomitas, que cubría el hueco entre la Muschelkalk y el Lías; pero, en lugar de interpretar esto como un signo de que el registro fósil se iba haciendo cada vez más

completo y conocido, se limitaba a subrayar lo mucho que quedaba por descubrir y la poca ayuda que la evolución podía esperar de la paleontología. Y como culminación de la ironía, mencionaba el reciente descubrimiento del ave con aspecto de reptil, el *Archaeopteryx*, pero sólo para demostrar que las aves existían desde mucho antes de lo que se había sospechado, subrayando así, una vez más, la virtual inutilidad del registro fósil: fue incapaz de ver, como poco más tarde lo hizo Huxley, que este famoso fósil suministraba una valiosa evidencia en favor de la evolución gradual, incluso a través de las fronteras de clases separadas.

VIII

Como tan frecuentemente ocurre en el curso de una controversia científica, este empate en potencia entre la hipótesis de Darwin y la exigencia de los paleontólogos de evidencias positivas, fue soslayado por un desplazamiento en los términos de referencia en cuyo seno se buscaba la evidencia. Darwin había propuesto un mecanismo de un cambio transespecífico muy lento; los paleontólogos replicaban que no había ninguna evidencia fósil que respaldara tal proceso. Darwin confiaba en la acción, a muy largo plazo, de cambios acumulados a muy pequeña escala, que serían capaces de lograr la evolución hasta los niveles más elevados de la diversidad orgánica: los paleontólogos replicaban que los grandes grupos (los *fillum* de hoy en día) eran ya distinguibles en los estratos fosilíferos más antiguos. Con todo, entre el nivel de las especies y el de los fillum existía un nivel intermedio de diversidad taxonómica y morfológica, que ofrecía un terreno mucho más prometedor para poner a prueba la validez de una teoría evolutiva general. El registro fósil puede resultar demasiado incompleto en sus detalles como para registrar los cambios transespecíficos, y tal vez, fuera aún demasiado poco conocido en las rocas más antiguas como para seguir el origen de los fillum. Pero en general, se aceptaba que era lo suficientemente completo como para registrar a grandes rasgos el transcurso de la historia de la vida; y, por consiguiente, ofrecía ciertas esperanzas de mostrar si diferentes organismos, al seguirles la pista a nivel genérico o familiar, se habían sucedido los unos a los otros con arreglo al tipo de secuencia que cabría esperar en una teoría evolutiva.

Uno de los defensores más entusiastas de este enfoque fue el distinguido paleontólogo francés Albert Gaudry (1827-1908). Entre 1855 y 1860, la Academia de Ciencias de París había patrocinado expediciones a gran escala, en las que participó Gaudry, para explotar un antiguo descubrimiento de unos ricos depósitos portadores de huesos del Mioceno en Pikermi, Grecia. Este descubrimiento tuvo una importancia crucial, ya que aportó una de las primeras faunas ricas en mamíferos fósiles de edad intermedia entre las dos faunas Cenozoicas mejor conocidas hasta el momento —las faunas del Eoceno y del Pleistoceno que Cuvier había empezado a reconstruir. Cuando Gaudry se puso a transcribir los resultados de las expediciones, manifestó que «el propósito constante» de su investigación había sido estudiar la naturaleza de las

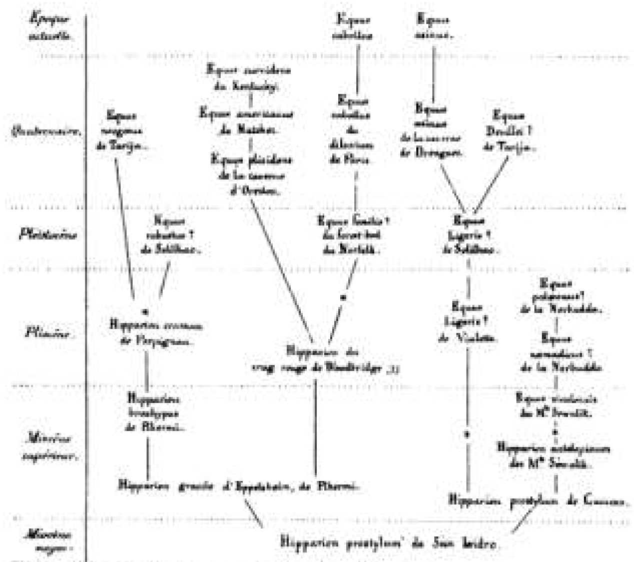
«formas intermedias» en los mamíferos fósiles [249] . Con un grado de

empatía histórica muy infrecuente en los científicos en activo, subrayaba que el énfasis puesto por Cuvier en la separación de las especies había sido esencial para el progreso de la paleontología, pero ahora, argumentaba, la unidad subyacente indicada por la existencia de formas intermedias, empezaba a desvelar una visión aún más sublime de la historia de la vida.

De hecho el descubrimiento de «ligazones íntimas» (*liens intimes*) entre las especies o géneros de épocas sucesivas, constituyeron el *criterio comprobable* en favor de una teoría general de la «filiación» (es decir, de la evolución), que, en opinión de Gaudry era, en cualquier caso, la explicación más satisfactoria de las evidencias fósiles.

Los yacimientos de Pikermi suministraron a Gaudry abundantes ejemplos de formas intermedias, que le permitieron presentar la evidencia en favor de la «filiación» de diversas familias de mamíferos en forma de «árboles» filogenéticos (fig. 5.3) —uno de los primeros ejemplos de este tipo de representación visual de los resultados evolutivos (tanto Bronn como Darwin habían utilizado diagramas de «árboles», pero sólo hipotéticamente). Gaudry sabía que estas «genealogías» eran tan sólo provisionales, y que necesitarían correcciones a la luz de los nuevos descubrimientos que se fueran produciendo; pero el punto importante era que la *tendencia* de estos nuevos descubrimientos era la de rellenar los espacios vacíos entre especies y géneros anteriormente conocidos. Así, por ejemplo, el género del caballo (*Equus*) de los depósitos del Pleistoceno y de la fauna viviente, se había visto curiosamente aislado anatómicamente de todos los demás ungulados de número impar de dedos (*Perissodactyla*). No obstante, este aislamiento terminó, o al menos se vio grandemente reducido, por el descubrimiento en Pikermi de abundantes restos de un género (*Hipparion*) de mamíferos similares al caballo, aunque menos especializados (fig. 5.4).

Estas formas no sólo eran intermedias en cuanto a su anatomía, sino que además pertenecían demostrablemente a la era geológica correcta para encajar en una serie evolutiva.



Lo que es más, Gaudry era consciente de la importancia de la variación intraespecífica en los fósiles. Gracias a la riqueza de los depósitos de Pikermi pudo demostrar la amplitud y la continuidad del campo de variación, de lo que claramente era una única especie biológica de *Hipparion*: y comentó que tales variantes podrían fácilmente haber recibido nombres específicos diferentes si no hubieran sido encontradas todas juntas. En otras palabras, cuanto más material fósil iba saliendo a la luz, tanto más tendían a cubrirse las aparentes lagunas existentes entre las especies de diferentes épocas.

Fig. 5.3. Intento de reconstrucción por parte de Albert Gaudry (1866) de las ramas evolutivas de los caballos actuales *Equus* (arriba) a partir del *Hipparion* de la mitad del Terciario; los asteriscos señalan las conexiones evolutivas más dudosas. Los diagramas de Gaudry fueron algunos de los primeros en los que se aplicaron con detalle las interpretaciones evolutivas al material fósil.

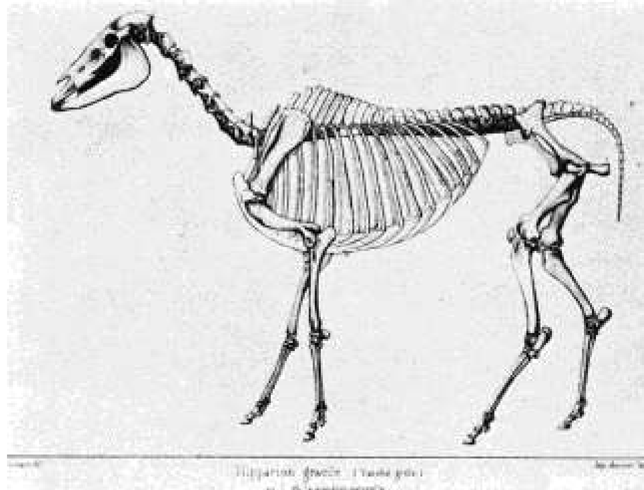


Fig. 5.4. Reconstrucción de Albert Gaudry (1862) del esqueleto de un fósil de caballo del Mioceno, el *Hipparion*, que analizó funcional y ecológicamente, e interpretó como un antecesor evolutivo del caballo moderno 28.

Con puntos de vista como éstos, podría parecer que Gaudry estaba lógicamente cercano a la posición de Darwin, y aun así, al igual que otros paleontólogos de su generación, distinguía claramente entre si se había producido la evolución, y cómo se había producido; y si bien creía en la realidad de la evolución y de la filogénesis que había elaborado, opinaba que existían graves objeciones que oponer a la hipótesis presentada por Darwin acerca de su mecanismo. Sus motivos para poner en duda la selección natural son típicos: implicaba que la «lucha por la existencia» era central y, en última instancia, el gobierno del azar y el accidente; mientras que la reconstrucción ecológica de Gaudry de la fauna y la flora de Pikermi mostraba, por el contrario, que el mundo de aquella época, como el actual, había sido un mundo de equilibrio y armonía ecológicos. Los sentimientos de Gaudry acerca de la evolución darwiniana indican hasta qué punto estaba extendida la objeción contra la selección natural basada en su supuesta «accidentalidad». Con el reforzamiento de la teología natural, la ciencia de la ecología se había desarrollado con el énfasis puesto en el equilibrio y la armonía en la naturaleza, mientras que el trabajo de Darwin parecía reemplazar esta imagen por una de lucha y discordancia incesantes (ha sido necesario el trabajo de los ecólogos post-darwinianos para reconciliar estos opuestos en una nueva síntesis

capaz de resaltar, una vez más, el equilibrio de la naturaleza).

Huxley, el amigo de Darwin, fue de hecho uno de los contados científicos con experiencia paleontológica que aceptaron no sólo la teoría general de la evolución, sino también la hipótesis de Darwin acerca de su mecanismo. Huxley aportó al debate un

nivel de conocimientos especializados del mismo alcance que los de Owen; pero al no encontrar satisfacción alguna en la teoría de Owen de los arquetipos transcendentales como explicación de la diversidad orgánica, y dado que prefería una hipótesis que implicara un agente causal, clara e inequívocamente físico, Huxley era ya prácticamente un converso al punto de vista de Darwin. Con su historial en el terreno de la anatomía comparada y su experiencia en la paleontología, se encontraba bien situado para seguir el rastro a las implicaciones de la teoría de Darwin en esas direcciones, y para exhibir las más recientes evidencias en su favor.

Huxley apreció con toda claridad que el extremado escepticismo de Lyell sobre el valor del registro fósil era injustificadamente pesimista, y que la tendencia de los nuevos descubrimientos a rellenar anteriores lagunas en las floras y las faunas conocidas, animaba a pensar que podrían suministrar a la vez un creciente cuerpo de evidencias en favor de la evolución darwiniana. Por ello no sólo dio la bienvenida a los esfuerzos de Gaudry por esbozar la causa posible de la evolución a nivel de familia o de orden, sino que también preveía la posibilidad de la aparición de formas intermedias a un nivel taxonómico, incluso más elevado.

El descubrimiento del *Archaeopteryx* le puso en las manos precisamente este tipo de evidencia en el momento estratégico. Desde el desarrollo de la litografía a comienzos de siglo, la piedra había sido ampliamente trabajada en Solnhofen, en Baviera, y los fósiles de esta caliza del Jurásico, si bien no eran abundantes, se habían hecho famosos por la excepcional calidad de su preservación. No obstante, el primer espécimen de ave con plumas no se halló hasta 1861 (hasta 1877 no se encontró un segundo espécimen). Junto con una colección de otros fósiles de Solnhofen, fue comprado en 1862 por el British Museum, donde Owen estaba ahora a cargo de las colecciones de historia natural. La magistral descripción hecha por Owen de este notable fósil finalizaba con la conclusión de que era «inequívocamente un ave», si bien admitía que exhibía ciertos caracteres sólo conocidos en las fases embrionarias de las aves vivientes, y que en general mostraba una «mayor adhesión al tipo general de los vertebrados» **[250]** . Poco después, ulteriores investigaciones

demostraron que tenían mandíbulas dentadas; y Huxley se dio cuenta de que el lenguaje tipológico de Owen podía fácilmente traducirse a términos evolutivos. Las mandíbulas dentadas, la larga cola y los caracteres embrionarios, se convertían así en simples rasgos reptilianos en lo que era (Huxley también estaba de acuerdo), más o menos, una verdadera ave (fig. 5.5).

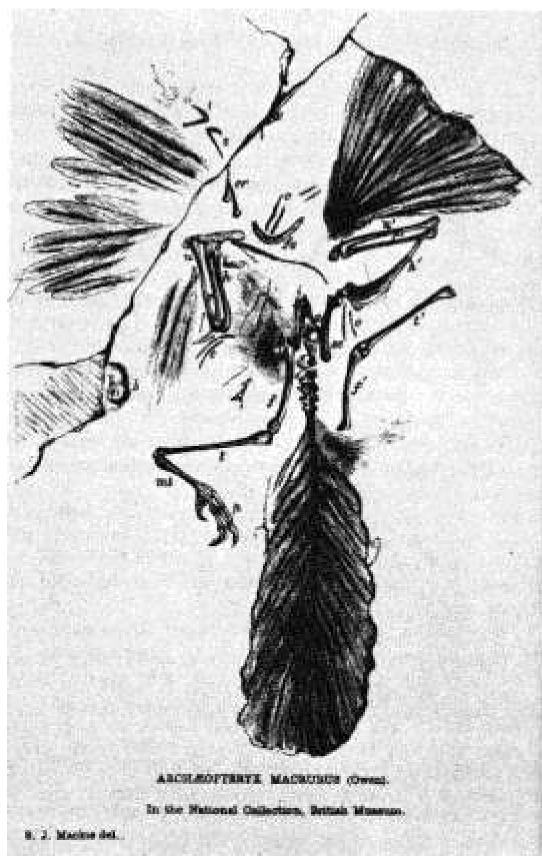


Fig. 5.5. El ave similar a un reptil, *Archaeopteryx*, procedente de la piedra litográfica de Solnhofen en Baviera.

Este primer espécimen fue encontrado en 1861, dos años después de la publicación del *Origin of Species*, de Darwin; aunque su interpretación fue controvertida, suministró la primera evidencia fósil de la posibilidad de conexiones evolutivas entre diferentes clases de animales.

No obstante, las canteras de Solnhofen habían también suministrado un pequeño dinosaurio bípedo, *Compsognathus*, que había sido descrito en 1861 por Andreas Wagner, director del Museo de Historia Natural de Munich. Huxley se dio cuenta inmediatamente de que un pequeño reptil bípedo como el *Compsognathus*, que tenía también algunos rasgos anatómicos notablemente similares a los de las aves (por ejemplo en la pelvis), podía contribuir a cerrar la laguna reptiles-aves desde el otro lado de la frontera —incluso aunque, como contemporáneo del *Archaeopteryx*, podría no estar en su línea evolutiva directa. Por lo tanto, en una conferencia ofrecida al público en general en la Royal Institution en 1868, Huxley utilizó el *Archaeopteryx* y el *Compsognathus* como elementos de prueba en favor de la plausibilidad de la teoría evolutiva [251] . De modo significativo, sentía que tenía que defender la teoría contra la acusación —justificable a la vista de los argumentos de Darwin y Lyell— de que se basaba en evidencias perdidas y, por consiguiente, era imposible de verificar.

Utilizando una metáfora apropiada para su público victoriano, consciente del valor de la propiedad, Huxley afirmaba que, por el contrario, las «escrituras de propiedad» de la teoría eran tan completas y legítimas como permitía la naturaleza intrínseca de los documentos. El descubrimiento del *Compsognathus* y el *Archaeopteryx*, y su interpretación como un reptil similar a un ave y un ave similar a un reptil, respectivamente, demostró que no había ningún problema insuperable a la hora de concebir de qué modo hasta las clases separadas de animales, con sus muy diferentes organizaciones anatómicas y fisiológicas podrían haber tenido antecesores comunes.

Una vez concedida esa posibilidad, la formidable masa de evidencias procedentes de la anatomía comparada y la embriología, y de la distribución geográfica de los organismos, encajó también en un marco evolutivo.

La línea de razonamiento de Huxley muestra hasta qué punto el progreso de la reinterpretación evolutiva en el seno de la comunidad científica, fue algo esencialmente gradual, una cuestión de evidencias circunstanciales acumulativas, de una creciente confianza en la tendencia general mostrada por los nuevos descubrimientos. Pictet había expresado la situación de un modo muy perceptivo, al confesar que la *imaginación* de Darwin se movía más deprisa que la suya; porque lo que era necesario para convertir a la mayor parte de los

paleontólogos a un modo evolutivo de pensamiento, no era una repentina iluminación sino una gradual extensión de la imaginación. Pero allá donde Darwin sólo había esbozado las posibilidades imaginativas, con un estilo casi profético y visionario, la evidencia de los nuevos descubrimientos fósiles iba ampliando el horizonte para una imaginación científicamente disciplinada. De un modo cada vez más claro se iba viendo que las especies y los géneros fósiles se encontraban efectivamente en sucesiones de capacidad predictiva dado que podía sugerir (aunque por supuesto no infaliblemente) la forma que podrían adoptar formas intermedias no descubiertas hasta el momento («eslabones perdidos»).

La introducción de la paleontología en canales evolutivos, puede ilustrarse por medio del ulterior desarrollo de la genealogía de la familia del caballo. Gaudry había descrito la forma menos especializada *Hipparion*, pero ésta seguía siendo aún muy diferente a todos los mamíferos anteriores del Terciario. No obstante, en 1871, el joven paleontólogo ruso Vladimir Kovalevsky (1842-1883) revisó parte de los materiales de Cuvier en París, y demostró que el *Anchitherium* constituía una forma intermedia convincente, que enlazaba al *Hipparion* remontándose hasta el *Palaeotherium* del Eoceno de Cuvier [252]. Después el paleontólogo americano O. C. Marsh (1831-1899), que al igual que Kovalevsky había venido a estudiar a Europa occidental, inició la búsqueda de linajes evolutivos en las ricas faunas fósiles de su propio país. En 1874 se sintió lo suficientemente confiado como para anunciar que el registro fósil de la familia del caballo en el Nuevo Mundo era más completo que el europeo, y que disponía de una serie adecuada que se remontaba hasta un *Orohippus* no especializado del Eoceno, y llegaba hasta el altamente especializado *Equus* de nuestros días: «al parecer la línea de descendencia ha sido directa», concluía, «y los restos conocidos hoy nos suministran todas las formas intermedias importantes» (figura 5.6) [253]. Dos años más tarde, Huxley, que estaba en Estados Unidos realizando una gira de conferencias, quedó lo suficientemente convencido como para adoptar la interpretación de Marsh en su propia conferencia acerca de la evolución de los caballos, aceptando así que los fósiles europeos no habían sido más que inmigrantes ocasionales procedentes del Nuevo Mundo. Al mismo tiempo, predijo la forma probable de un *Eohippus* ancestral que fue descubierto tan sólo dos meses más tarde.

La reinterpretación de Marsh de la filogenia de la familia de los caballos, que relegaba los anteriores descubrimientos europeos al estatus de brotes laterales de una línea de evolución básicamente

americana —imagen que se ha visto confirmada por todas las investigaciones subsiguientes—, simboliza apropiadamente la emergencia de la paleontología americana de su anterior estatus casi colonial, para alcanzar una completa madurez intelectual. El Nuevo Mundo llevaba ya largo tiempo suministrando a los centros de investigación del Viejo abundante material fósil, pero a nivel intelectual había tendido a ser altamente derivativo. Marsh es representativo de la generación que, aun volviéndose todavía hacia Europa para parte de su formación inicial, habría de crear importantes escuelas de investigación fuera de Europa. Esta misma tendencia viene ilustrada por Kovalevsky, que regresó de París para iniciar una distinguida carrera paleontológica en Rusia. Esta tendencia, por supuesto, no es más que una parte de la expansión general del espíritu científico durante este período. Partiendo de Europa occidental se extendió, llegando a ser casi totalmente internacional.

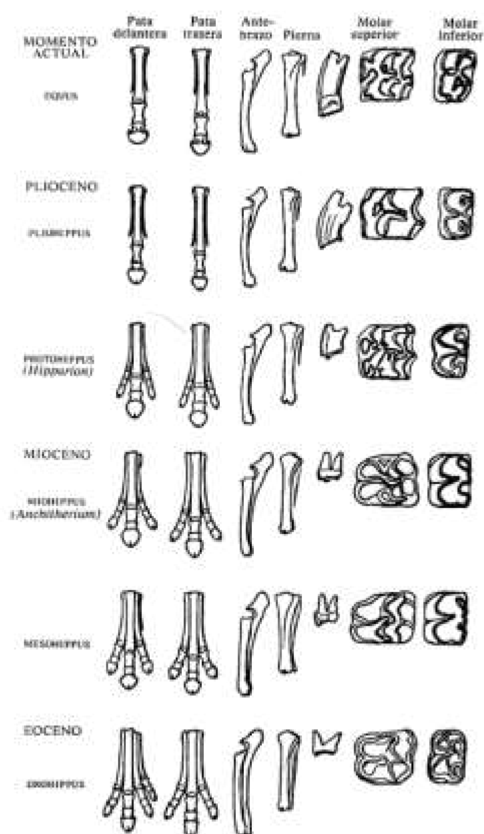


Fig. 5.6. Diagrama resumido de O. C. Marsh (1879) de la principal línea de evolución de los caballos norteamericanos durante el período Cenozoico. En los años 1870 éste fue uno de los ejemplos mejor documentados y más convincentes de evolución a nivel de género.

En 1877, Marsh pudo ofrecer a la American Association for the Advancement of Science una panorámica de gran autoridad acerca del registro fósil de los vertebrados americanos, en términos totalmente evolutivos. Podía señalar no sólo su feliz reconstrucción de la familia del caballo, sino también las indicaciones hechas por Huxley, y por él mismo, de los lazos entre los reptiles y las aves; tales formas intermedias eran, en sus palabras, «las piedras por medio de las cuales el evolucionista de hoy ayuda al hermano dubitativo a cruzar el remanente poco profundo del golfo(52)

que, en tiempos, se consideró imposible de atravesar» [254] .

IX

La metáfora de Marsh resultaba apropiada, e indica a qué nivel estaba teniendo mayor éxito la vindicación de la teoría evolutiva. Los materiales fósiles iban

suministrando ejemplos convincentes de series filogenéticas que enlazaban géneros y familias similares y, cuando menos, unas pocas pistas acerca del modo en que podrían salvarse las lagunas más profundas entre las clases. Las dificultades eran aún mayores tanto por encima como por debajo de estos niveles.

Por debajo estaba la cuestión de la evolución interespecífica, el paso crucial en toda la teoría de Darwin. ¿Existía alguna evidencia positiva de que las especies evolucionaran convirtiéndose en formas nuevas por el proceso extremadamente lento y gradual, que implicaba la hipótesis de la selección natural? Darwin y Lyell, como hemos visto, explicaban la falta de evidencias fósiles acerca de tales transiciones recurriendo a la naturaleza extremadamente fragmentaria del registro fósil; pero esto seguía sin convencer a la mayor parte de los paleontólogos. Se intentó reconstruir una filogenia a nivel de especies, utilizando algunos moluscos muy diversos de agua dulce recogidos en diez zonas sucesivas de una caliza Terciaria [255]; pero esta unión podía criticarse sobre la base de que podría ser tan sólo una población única insólitamente variable.

Hubo que esperar hasta 1875 para que Melchior Neumayr (1845-1890), catedrático de paleontología en Viena publicara lo que probablemente fuera la primera «serie de formas», satisfactoria e ininterrumpida (*Formenreihe*), que conectaba especies fósiles.

Neumayr subtituló explícitamente su memoria: «Una contribución a la teoría de la ascendencia». Argumentando, como evolucionista convencido, que era imposible concebir que las especies permanecieran constantes a lo largo del tiempo geológico, mostró de qué modo podían disponerse ciertos moluscos no marinos del Terciario en forma de secuencias evolutivas [256]. Poco después se publicaba un trabajo en Inglaterra en el que se describían los cambios graduales en la forma del erizo de mar *Micraster* en estratos sucesivos de las gredas, y se señalaba que la naturaleza direccional de estos cambios resultaba más «sugerente de un desarrollo progresivo que de una simple variación» (fig. 5.7).

Con todo, tales ejemplos eran muy escasos, y recibían, curiosamente, muy poca atención como evidencia crucial en favor del carácter gradual de la evolución transespecífica. La serie *Micraster*, que incluso hoy sigue siendo uno de los casos mejor documentados de microevolución en fósiles, fue virtualmente olvidada durante veinte años antes de ser estudiada de nuevo, independientemente y en mayor detalle —pero, irónicamnte, fue presentada como un ejemplo de la precisión con la que podían utilizarse estratigráficamente los fósiles, y no como un ejemplo de evolución[257]. Los motivos de este desprecio de la evidencia en favor de la evolución a pequeña escala, no están del todo claros. Probablemente los paleontólogos fueran convencidos por los razonamientos de Darwin, y pensaran que la deposición de estratos debió ser en general demasiado discontinua como para que hubiera grandes esperanzas de encontrar una evidencia así; con todo, la uniformidad de ciertas formaciones (en

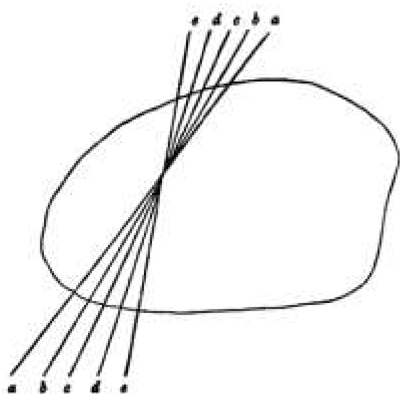


Fig. 3.—In which the changing relative positions of the mouth and apical disk are indicated by the lines a-a, b-b, etc.

especial la de la Greda) indicaban la posibilidad de una posición razonablemente continua, lo que debía haber sugerido que valía la pena buscar evidencia en favor de una evolución lenta. Una razón más probable es que en los años 1870, cuando fueron publicados los ejemplos mencionados, la mayor parte de los paleontólogos habían perdido la fe en el concepto original darwiniano de una evolución extremadamente lenta, con la selección natural como único agente. Seguían convencidos de que la evolución había tenido lugar, pero no de que su mecanismo hubiera sido darwiniano.

Fig. 5.7. Diagrama de Meyer (1878) de los cambios direccionales

graduales (a-e) en las posiciones de la boca y el disco apical del fósil de erizo marino *Micraster*, procedente de diferentes horizontes en las gredas inglesas. Éste fue uno de los pocos ejemplos fósiles de evolución transespecífica lenta conocido a finales del siglo XIX, pero el peso de las restantes evidencias en contra de la evolución darwiniana hizo que se rechazara.

Los motivos de este rápido cambio de opinión, que afectaron incluso al propio Darwin, pueden apreciarse con singular claridad sobre el fondo de los problemas planteados por el registro fósil al nivel taxonómico más elevado. Hemos visto que la búsqueda de evidencia fósil en favor de la evolución tuvo un éxito impresionante a niveles intermedios, y había quedado claro que muchas de las «leyes» y generalizaciones anteriores de la anatomía comparada, la embriología y la biogeografía, e incluso de la propia paleontología, podían explicarse de modo convincente en términos evolutivos. Pero seguía habiendo un punto a partir del cual la evidencia procedente de todas estas ramas de la biología desaparecía abruptamente. El antiguo

concepto de la «unidad del tipo», tal y como fue puesto al día en la teoría de los arquetipos de Owen, podía reinterpretarse como evidencia en favor de un origen evolutivo común, pero sólo en la medida en la que fuera válido el concepto en sí. Cuvier había mostrado largo tiempo atrás, y Owen había reafirmado con una masa de evidencias mucho mayor, que la unidad del tipo no era válida por encima del nivel de los grandes *embranchements* o fillum del reino animal. Por consiguiente, la anatomía comparada no ofrecía evidencia alguna en favor del origen común de todos los grandes grupos de animales. Von Baer había demostrado que este mismo límite se aplicaba al desarrollo embrionario. Más recientemente, el desenmarañamiento de los estratos del Paleozoico había mostrado que los grandes grupos eran claramente distinguibles en los depósitos fosilíferos más antiguos.

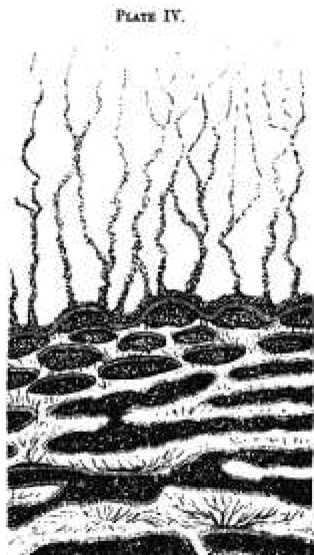
Una imaginación darwiniana podría saltar por encima de estas barreras, y concebir que incluso organismos de tipos tan distintos podrían haber sido diferenciados por medio de una evolución lenta; pero había una embarazosa falta de evidencias para llegar a esta conclusión. Como hemos visto, Huxley extrajo del registro fósil todo aquello que pudiera servir a la causa de la evolución; pero en este punto incluso se vio obligado a recurrir a la imperfección del registro fósil en una forma tan sólo ligeramente más moderada que las de Darwin y Lyell. Al hacer una panorámica del estado de la

paleontología en los años 1870, en su discurso presidencial ante la Geological Society, Huxley tuvo que postular un pre-Paleozoico (es decir, pre-Cámbrico) extremadamente largo, y prácticamente carente de registros en la historia de la vida. Incluso los peces más antiguos conocidos (Silúrico), por ejemplo, eran ya vertebrados altamente complejos, muy alejados en su organización de lo que Huxley consideraba que debía haber sido la cepa original de los vertebrados: «Es aterrador especular», reflexionaba,

«acerca de la extensión de tiempo con la cual ese origen debió preceder a la época de la primera aparición registrada de vida vertebrada» **[258]**. Otros científicos, no obstante, se sintieron más aterrados por la medida en la que Huxley estaba dispuesto a confiar en las evidencias negativas.

Es de justicia añadir, sin embargo, que Huxley estaba convencido de que los estratos pre-Paleozoicos acabarían suministrando alguna evidencia positiva, y que en un caso lo habían hecho ya. Sacó todo el partido posible al descubrimiento, en 1863, de algunas estructuras aparentemente orgánicas encontradas en unas rocas extremadamente antiguas («Laurentinas») en Canadá. Estas estructuras habían recibido el esperanzado nombre de *Eozoon* (es decir, animal del alba), y se pensaba que eran tanto más viejas que los fósiles Cámbricos, como éstos lo eran respecto a las faunas del presente (fig. 5.8). En el transcurso de unos pocos años no obstante, esta evidencia se vino abajo con la demostración de que el *Eozoon* era una estructura inorgánica de origen metamórfico.

Durante el resto del siglo, el pre-Cámbrico permaneció vacío de todo fósil



correctamente autentificado, y la aparición (geológicamente) repentina de los organismos del Paleozoico siguió siendo tan misteriosa como siempre.

Fig. 5.8. Reconstrucción de Dawson del «fósil» Precámbrico *Eozoon* (1875) [259] . Aunque se discutió, y finalmente se rechazó, el origen orgánico del *Eozoon*, Dawson lo reprodujo como un protozoo, y consideró que alargaba el registro fósil mucho más atrás en el tiempo que cualquier otro fósil anteriormente conocido. Otros interpretaron esto como evidencia de la cantidad de tiempo de que habían dispuesto los fillum para diferenciarse por medio de la evolución lenta.

Mientras tanto, la utilización por Huxley (y Darwin) de vastos períodos de tiempo pre-Cámbrico para conseguir acomodar la lenta diferenciación de los grandes grupos de plantas y animales, se había visto sometida a un ataque muy serio desde una dirección diferente. El distinguido físico William Thomson (1824-1907), posteriormente lord Kelvin, desvió su atención en los años 1860, del problema del origen de la energía del Sol a los problemas subsidiarios de la geofísica. Esto suponía una reevaluación de los anteriores cálculos de Fourier acerca de la historia térmica de la Tierra a la luz de las recién formuladas

leyes de la Termodinámica. A Thomson le preocupaba más que nada que las especulaciones de los geólogos y los biólogos —la fecha de salida de su libro

sugiere que tenía en mente a Lyell y Darwin— no violaran los principios físicos básicos.

Utilizando los mejores datos disponibles acerca del gradiente geotérmico y las propiedades físicas de las rocas, y asumiendo que la Tierra se habría enfriado gradualmente desde un estado original de fusión, Thomson calculó que habían transcurrido alrededor de noventa y ocho millones de años desde la solidificación de la corteza. La cifra tenía un falso aire de precisión, ya que admitía que los muchos supuestos necesarios para realizar los cálculos, daban un margen de error que iba de veinte a cuatrocientos millones de años. Pero, incluso el límite superior representaba una restricción extremadamente severa a la invocación lyelliana de un tiempo ilimitado como mecanismo explicativo, dado que una parte sustancial de esos cuatrocientos millones de años había sido necesaria para el período de enfriamiento, entre la primera consolidación de la corteza terrestre y la reducción de la temperatura superficial a un nivel en el que fuera posible la vida **[260]** .

La argumentación de Thomson iba respaldada por todo el prestigio de la «más fundamental» de las ciencias, y su rigor matemático resultaba impresionante. Fue un golpe aplastante para la interpretación de Lyell de la historia de la Tierra, pero sus implicaciones resultaron aún más desastrosas para la teoría biológica de Darwin. Éste había estimado, imprudentemente, que habían hecho falta al menos trescientos millones de años para la erosión del Weald inglés (es decir, a grandes rasgos, la duración del Cenozoico) —una estimación que, por supuesto, iba en favor de la eficacia de la selección natural, agente de una evolución orgánica extremadamente lenta y mal registrada. La pródiga utilización por parte de Darwin de la escala temporal lyelliana, había sido criticada ya por Phillips sobre una base puramente geológica: utilizando las tasas de erosión y deposición actuales como guía (siguiendo así los mejores métodos del actualismo lyelliano), Phillips había estimado que toda la secuencia conocida de estratos podría haber tardado unos noventa y seis millones de años en acumularse. Las estimaciones subsiguientes realizadas por otros geólogos, sugerían que dentro de los márgenes inevitables de error, la evidencia geológica y la física resultaban razonablemente congruentes. Cualesquiera que fueran las cifras exactas sugeridas, ya no podía incrementarse la escala temporal a voluntad para adecuar los fenómenos a la evolución darwiniana (siguió estando relativamente

constreñida hasta que el descubrimiento de la radiactividad alteró los supuestos básicos de Thomson, pero ni siquiera hoy en día ha llegado a expandirse hasta la escala de la primeras estimaciones de Darwin).

Uno de los asociados próximos a Thomson, el físico e ingeniero Fleeming Jenkin, fue el primero en utilizar la física de Thomson de modo explícito contra la hipótesis de la selección natural; y la crítica de Jenkin al *Origen* hizo que el ataque fuera aún más serio: al ofrecer también demostraciones matemáticas de la herencia mezclada, haría que la

selección natural no pudiera actuar. Thomson pasó entonces a hacer un ataque más explícito argumentando en 1869 que, a menos que la biología ignorara las «leyes» físicas básicas «de la naturaleza», debía aceptar una escala temporal restringida, en cuyo seno la evolución por *selección natural* era imposible. Thomson no atacaba la evolución como tal, tan sólo su mecanismo darwiniano.

Al igual que otros muchos críticos de la selección natural, Thomson tenía sus propias motivaciones metafísicas: creía que estaban en juego las «leyes» generales de la propia naturaleza, ya que la selección natural parecía, en última instancia, relegar al azar el desarrollo de la vida. Pero, cualesquiera que fueran los motivos, sigue siendo un hecho que la hipótesis de la selección natural estaba en plena retirada antes de transcurridos doce años de la publicación del *Origen*, ante un impresionante conjunto de argumentaciones contrarias procedentes de muchas ramas de la ciencia. En el seno de una escala temporal grandemente restringida, sobre cuya validez la mayor parte de los geólogos estaban de acuerdo con los físicos, no podían invocarse con tanta facilidad grandes períodos de tiempo no registrado para explicar todas y cada una de las carencias del registro fósil; pero se había puesto una gran interrogación junto al supuesto darwiniano de que la evolución debería ser siempre extremadamente lenta y gradual.

El propio Darwin empezó a estar cada vez más preocupado por el problema. Retiró sus anteriores estimaciones y, gradualmente, empezó a recurrir cada vez menos a la selección natural[261]. Wallace aceptó más deportivamente el nuevo giro de los acontecimientos, sugiriendo que podía asignarse alrededor de una cuarta parte del tiempo concedido por Thomson al registro fósil preservado (del Cámbrico al presente), dejando el resto disponible para el pre-Cámbrico y la diferenciación de los grandes grupos de organismos. Pero esto implicaba, necesariamente, postular unas tasas de evolución mucho más rápidas en el pasado.

X

Estos acontecimientos hicieron que prácticamente se archivara el mecanismo de la selección natural durante el resto del siglo. Pero tuvieron el efecto beneficioso de librar a la especulación evolutiva de lo que podría fácilmente haberse convertido en una camisa de fuerza mental. Por ejemplo, en 1870, Huxley pensó que el único modo de explicar la aparición repentina del mayor número de los órdenes de mamíferos placentarios a comienzos del Cenozoico, consistía en postular un período precedente extremadamente largo, de una diferenciación muy gradual (y sin registrar). No obstante, una vez cuestionado el supuesto de una evolución uniformemente lenta, quedaba abierta la vía para reinterpretar la evidencia fósil en términos de un episodio

geológicamente rápido de «radiación adaptativa», en el que el *stock* placentario primitivo podría haber evolucionado para ocupar toda una variedad de nichos ecológicos, vacantes por la extinción de la mayor parte de los reptiles del Mesozoico.

Del mismo modo, se exploraron las posibilidades de una evolución transespecífica relativamente rápida, o «a saltos»; y como hemos sugerido, esto podría explicar la falta de investigación de casos de cambio transespecífico extremadamente gradual. Por ejemplo, cuando en 1869 Wilhelm Waagen (1841-1900), un joven paleontólogo alemán que era un evolucionista apasionado, reinterpretó una única «especie» de ammonites del Jurásico como serie evolutiva, lo hizo en términos de «mutaciones» sucesivas [262] . La

«teoría de la mutación» de Waagen (diferente de la utilización posterior por parte de la genética del mismo término) disfrutó de mucho apoyo entre los paleontólogos, ya que explicaba los lazos evolutivos entre especies fósiles sucesivas, sin tener que postular unas formas intermedias no registradas entre ellas. Es posible que el uso muy extendido de metáforas de «cadenas» en la terminología evolutiva de este período (por ejemplo, los *liens* y *enchainements* de Gaudry), debiera tomarse seriamente como indicación de que el cambio evolutivo era en realidad concebido como una serie de pequeños saltos

«cuánticos», de una especie bien adaptada a la siguiente.

La proliferación de especulaciones evolutivas tuvo, aun así, un aspecto

menos beneficioso. La incapacidad del registro fósil para suministrar evidencia positiva en favor de la evolución a niveles taxonómicos más elevados, hizo que muchos evolucionistas recurrieran a la evidencia menos directa de la embriología comparada.

Las notables «metamorfosis» observadas en el desarrollo de muchos organismos sugerían un modelo apropiado del cambio evolutivo; y el antiguo concepto del desarrollo individual como algo paralelo a la Escala del Ser, fue rápidamente reintroducido en forma evolutiva como el concepto de que la «ontogenia» recapitulaba la «filogenia». Esta «ley biogenética» fue popularizada, si no iniciada, por el biólogo alemán Ernst Haeckel, y tuvo el lamentable efecto de convencer a los biólogos de que poseían una clave, virtualmente infalible, acerca de la ascendencia evolutiva de los organismos vivientes. En la eufórica atmósfera producida por la consiguiente interpretación de la morfología y la embriología, a menudo se ignoraba la evidencia fósil en favor de la evolución, o, en el mejor de los casos, era gratuitamente alterada para ajustarse a conclusiones preconcebidas. Los arquetipos se convirtieron en ancestros, con pocas consideraciones acerca de su viabilidad adaptativa como organismos vivientes, y el fracaso de los paleontólogos en descubrir criaturas así en el registro fósil se atribuyó, como de costumbre, a la naturaleza fragmentaria de éste (fig.

5.9).

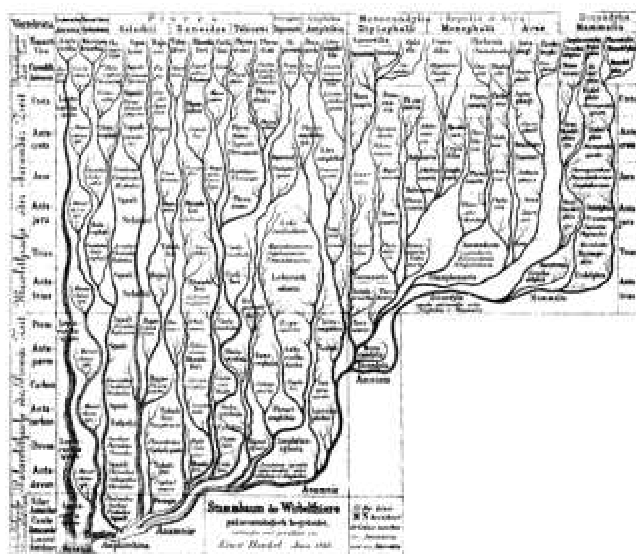


Fig. 5.9. «Filogenia» especulativa de los vertebrados, de Ernst Haeckel (1866): apréciese cómo el tradicional

«árbol» no-temporal de la clasificación jerárquica ha sido directamente transformado en una historia evolutiva en el tiempo. La incómoda carencia de eslabones fósiles intermedios ha sido eliminada, asumiendo gratuitamente la existencia de grandes lagunas en el registro estratigráfico («Ante-Jura», «Ante-Trías», etc.).

Los propios paleontólogos no fueron inmunes a esta moda de especulación evolutiva. Paradójicamente, esto tuvo como consecuencia que se perdiera, o al menos que quedara sumergida, una parte de lo que Darwin había defendido. El énfasis cuvieriano sobre la integridad funcional de los organismos, reforzado por la teología natural palleyana, se había transformado de modo bastante directo en el énfasis darwiniano acerca del papel central de las adaptaciones y sus causas [263]. Pero este énfasis funcional desapareció casi por completo del estudio de los fósiles (y sólo recientemente ha empezado su recuperación). La mayor parte de los paleontólogos olvidó —al menos en la práctica— que sus fósiles habían sido organismos vivientes, y que habían estado adaptados a un determinado modo de vida; y tendían a considerar sus especímenes exclusivamente como evidencia de la ascendencia evolutiva.

Con todo, este desplazamiento de la atención fue tan sólo parte de una tendencia mucho más amplia. Al incorporarse a la respetabilidad científica en los años 1860, la teoría de la evolución orgánica fue inmediatamente absorbida por el sistema filosófico de amplísimo espectro de la época. Incluso antes de la publicación del *Origen*, la idea del «desarrollo» gradual estaba siendo utilizada como principio filosófico unificador: encajaba pulcramente en la optimista fe en el progreso de mediados de siglo. El filósofo inglés de moda en esta época, Herbert Spencer, absorbió sin dificultades la teoría

evolutiva de Darwin —o al menos ciertas partes de ella— en su sistema, como un aspecto meramente biológico del principio, de mucho más alcance, del «desarrollo».

Esta absorción no fue meramente aceptada, sino positivamente bienvenida incluso por biólogos evolucionistas como Huxley. Cuando introdujo el *Archaeopteryx* como vívida muestra de la evidencia en favor de la teoría de Darwin, Huxley declaró explícitamente que era un firme partidario de la doctrina del desarrollo de Spencer, y explicó

que consideraba que la evolución era tan sólo del principio general de éste.

La misma tendencia a absorber la teoría de Darwin en sistemas filosóficos puede apreciarse, aún con mayor claridad, en Alemania, en donde el culto del *Darwinismus* relegó a gran velocidad el pensamiento del propio Darwin a un papel menor en el seno de un programa mucho más amplio en defensa de una filosofía de materialismo monista. La teoría de Darwin era menos apreciada como una solución potencialmente correcta a un problema científico muy antiguo, que como munición con la que eliminar los últimos baluartes del teísmo de la escena de la filosofía. Esto puede ilustrarse bien con la exposición divulgativa de Haeckel de la filosofía evolutiva, la *Natural Creation-History* (1868), en la que todo el énfasis reposaba sobre el carácter puramente *natural* del desarrollo convencionalmente denominado «creativo»; pero su subtítulo situaba a Darwin en medio de extrañas compañías —las de Lamarck y Goethe— como miembro más reciente del panteón de filósofos evolucionistas [264]. En otras palabras, la teoría particular de Darwin acerca de la evolución era menos importante para Haeckel que el hecho de que, finalmente, hubiera elaborado una teoría evolutiva *del tipo que fuera* «con base mecanicista» y, por consiguiente, científicamente respetable.

XI

Seguir el desarrollo de la paleontología a finales del siglo XIX, incluso a grandes rasgos, necesitaría un tratamiento mucho más completo del que es aquí posible. No resulta inapropiado poner fin a estos ensayos en los años 1870, ya que a pesar del enorme crecimiento exponencial de la paleontología en los últimos cien años, sus rasgos fundamentales estaban ya claros en esa década. Institucionalmente, se había extendido hacia el exterior, desde Europa occidental, hasta todas las naciones industriales

«desarrolladas», para pasar a formar parte de la actividad científica a nivel mundial, marcada por todas las características familiares de las escuelas de investigación, sociedades, conferencias, publicaciones y viajes internacionales. Su valor práctico para la estratigrafía, y por consiguiente para la explotación de los recursos minerales, le había asegurado el creciente apoyo de los gobiernos a través de las prospecciones geológicas; y con todo, este beneficio tuvo su precio, ya que la posición de sumisión de la paleontología a la estratigrafía empezaba ya a desviar sus principales intereses de los de las demás ciencias biológicas y a estrechar sus horizontes intelectuales —tendencia

que sólo se ha visto invertida en los últimos años. Conceptualmente, la teoría general de la evolución le había suministrado un principio unificador de gran valor explicativo, permitiéndole sintetizar la creciente masa de descripciones detalladas en un cuadro coherente de la historia de la vida, por debatibles que fueran los mecanismos de la evolución; pero también esto se logró al elevado precio de pasar por alto las valiosas intuiciones de anteriores tradiciones interpretativas, y —durante muchas décadas— de desviar los esfuerzos teóricos hacia especulaciones estériles.

Al mismo tiempo, resulta innegable que la paleontología estaba retirándose cada vez más de la posición de importancia intelectual que ocupaba en la mentalidad del público a comienzos del siglo. En parte esto fue, sin duda, un resultado inevitable de la creciente especialización y profesionalización, que alejaba los resultados de las investigaciones cada vez más de la posibilidad de comprensión del hombre de a pie, reduciendo también sus oportunidades de realizar alguna contribución a la ciencia como aficionado. No obstante, y de modo más fundamental, la retirada de la paleontología de la palestra pública se debió a la incapacidad del registro fósil para iluminar las

cuestiones que más preocupaban a los pensadores.

A comienzos de siglo, el efecto de la paleontología a este nivel había sido profundo, ya que había puesto al descubierto cuando menos los grandes rasgos de una historia de la vida que tenía claras implicaciones para la autocomprensión del hombre. Había mostrado que esa historia tenía una duración casi inconcebible; que la vida sobre la Tierra había atravesado multitud de fases extrañas, haciéndose cada vez más compleja, más variada y más parecida a la del mundo de nuestros días; que el hombre, a pesar de ser un recién llegado, podía ser interpretado como la obra cumbre de esa historia; y, por encima de todo, que ésta era esencialmente inteligible y significativa. El hombre podría parecer empequeñecido por la magnitud de las eras geológicas que le habían precedido, pero esas eras podían, al menos, ser consideradas como una larga y paciente preparación de su advenimiento.

No obstante, una vez que la atención se dirigió a los *medios* gracias a los cuales habían surgido nuevas formas de vida, la paleontología resultó capaz de suministrar las intuiciones**(53)** exigidas por los pensadores. Se explotaron las imperfecciones del registro fósil de modo sistemático, para eliminar incluso las expectativas de que éstas pudieran aparecer; pero, por encima de todo, el registro fósil disponía de demasiada poca luz que arrojar sobre el origen y la naturaleza del Hombre. Porque la preocupación acerca del lugar del hombre en la naturaleza tenía un papel mucho más central, incluso en las mentes de aquéllos a quienes llamamos «científicos» de lo que podrían sugerir sus obras técnicas publicadas; y las preocupaciones metafísicas acerca del significado del mundo natural**(54)**, resultaban más perentorias de lo que permitía una historia de la ciencia más

antigua y positivista. Pero, con la posible excepción del estudio de los fósiles humanos y de primates, tales preocupaciones recibieron relativamente pocas satisfacciones claras de los hallazgos de la paleontología a finales del siglo XIX, y el interés del público en esta ciencia entró en declive. Tal vez como resultado, da la impresión de que la paleontología —y también la geología— no consiguieron atraer a un número proporcionado de seguidores de un calibre intelectual de primera categoría. La producción

de

trabajos

especializados

y

monográficos

siguió

creciendo

exponencialmente, pero su carácter empezó a ser rutinario y su nivel intelectual se había estancado. Sólo en los últimos años han aparecido signos de esperanza de que la paleontología podría estar recuperando, en su generación más joven, los amplios intereses de perspectivas que tan acentuadamente poseía en una etapa anterior de su historia.

XII

Mientras la paleontología se prepara ahora para un gran salto hacia delante a una era computerizada (para la cual la naturaleza de su material de trabajo resulta altamente apropiado), existe tal vez el peligro de que pueda perder de vista sus orígenes históricos en la «Edad del Vapor» de la ciencia e incluso antes. Es importante que no adopte una perspectiva ahistórica, no por motivos de nostalgia, sino porque la pérdida de perspectiva histórica llevaría a un empobrecimiento conceptual. En cada período de su historia, la paleontología, al igual que todas las demás ramas de la ciencia, se ha desarrollado a través de una serie de intrincadas interacciones entre presupuestos filosóficos (a menudo implícitos, o incluso inconscientes), construcciones teóricas a todos los niveles, y por el fondo, en continuo crecimiento, de evidencias obtenidas de la observación. Una preocupación exclusiva por estas últimas, por excusable que pueda resultar en el calor de la actual explosión(55) de información, no llevaría a una ciencia basada en una mayor seguridad y objetividad, sino, con toda probabilidad, a una vasta superestructura construida sobre una base conceptual sin explorar, y tal vez débil. La reflexión acerca de la historia de la paleontología, con sus recordatorios de los muy diferentes mundos del pensamiento en los que la ciencia adquirió los diversos hilos de su compleja textura actual, podría servir de ayuda en el examen crítico y la reevaluación de sus bases actuales, asegurando así que un acceso computerizado a sus inmensos almacenes de información objetiva, sea usado con el máximo rendimiento heurístico.

Para el historiador de la ciencia, probablemente resulte útil reflexionar acerca de la relación compleja existente entre la continuidad y la discontinuidad en el desarrollo conceptual de la paleontología. Más aún que en otras ramas de la ciencia, el elemento de la continuidad especulativa tiene una expresión visible y tangible en la masa en

continuo crecimiento de materiales fósiles preservada en museos e instituciones de investigación. Y, con todo, no es ya adecuado considerar que esto es paralelo, de un modo directo, al crecimiento conceptual del tema. El «significado» de los fósiles ha sido visto de modos muy diferentes en períodos distintos. De hecho, los mismos especímenes fósiles (por ejemplo, los dientes de tiburón) han sido reinterpretados varias veces con arreglo a diferentes marcos de referencia —han sido, por así decirlo, vistos con distintos ojos. No

obstante, existe el peligro de que el énfasis actualmente en boga sobre las discontinuidades de la interpretación, pudiera ser llevado demasiado lejos.

Resultaría saludable para los historiadores que los paleontólogos les recordaran que la mayor parte de los marcos de referencia anteriores siguen siendo utilizados —aunque no sean reconocidos— en la paleontología moderna: las percepciones y los métodos de un «paradigma» de interpretación, no han sido totalmente abandonados, sino que han sido absorbidos por el siguiente. El debate acerca del origen de los fósiles, que tuvo un carácter central para la futura ciencia de la paleontología de la época de Gesner, sigue vivo siempre que se discuten cuestiones de fosilización, o las relativas a los orígenes de los *Problemática*. La idea de utilizar fósiles para construir una cronología de la historia de la Tierra cuyo papel era central en la época de Steno y Hooke, y que estuvo inspirada en el academicismo histórico de su época, sigue estando viva siempre que los paleontólogos se enfrentan a los problemas de la correlación estratigráfica. El concepto de la integridad adaptativa «diseñada» de las especies extintas, que era básico en la época de Cuvier y Buckland, sigue vivo siempre que se reconstruye la morfología funcional y la ecología de los organismos fósiles. El debate acerca de la tasa gradual o paroxística, uniforme o fluctuante del cambio orgánico, que era básico en tiempos de Lyell y Murchison, sigue vigente cuando se discuten los problemas de « *tempo* y modo»

en la evolución y la extinción. Finalmente, el debate acerca de la naturaleza exacta de la producción de especies, que fue central en la época de Bronn y Darwin, sigue estando presente siempre que la paleontología contribuye a la continuación de la investigación acerca de los mecanismos del cambio evolutivo.

Glosario

Aglomerado calizo: Depósito distintivo formado bajo las capas de hielo en regiones que han sufrido glaciaciones; formado por caliza que contiene piedras angulares y rocas de distintos tamaños; muy extendido como depósito «superficial» en las regiones afectadas por la «glaciación» del Pleistoceno.

Alga calcárea: Plantas acuáticas sencillas relacionadas con las algas de las playas, pero que secretan un esqueleto de carbonato cálcico que puede preservarse en estado fósil.

Ammonite: Miembro de un orden de moluscos cefalópodos extintos, con una concha enrollada en una espiral plana y dividida en numerosas cámaras de formas complejas; antecesor remoto de los «Nautilus» de nuestros días(56).

Artrópodo: Miembro de un fillum de animales invertebrados, con esqueleto externo y patas articuladas: por ejemplo, las langostas, las arañas y los insectos.

Belemnite: Miembro de un orden de moluscos cefalópodos extintos, con una «guarda»

sólida, en forma de proyectil, que surge de una concha cónica dividida en cámaras; antecesor remoto de la jibia.

Bivalvo: Miembro de una gran clase de moluscos con una concha compuesta de dos piezas articuladas por una charnela; por ejemplo, los mejillones y los berberechos.

Braquiópodo: Miembro de un fillum de animales invertebrados con una concha compuesta de dos piezas articuladas. Presentan cierto parecido con los bivalvos, aunque no están relacionados; abundantes como fósiles, y muy escasos en nuestros días.

Calcita: Mineral compuesto de carbonato cálcico; el mineral más común de los que componen las conchas de los mariscos (por ejemplo, moluscos y braquiópodos).

Cámbrico: Primero de los períodos en los que se divide el Paleozoico. Primero entre los estratos que presentan fósiles aceptablemente comunes.

Carbonífero: Uno de los períodos del Paleozoico; etapa en la que se formaron los grandes depósitos de carbón.

Cefalópodo: Miembro de una gran clase de moluscos marinos; la mayor parte de los cefalópodos vivientes son nadadores activos, como, por ejemplo, las sepias, los calamares, los pulpos; entre sus fósiles se encuentran los belemnites.

Celacanto: Miembro de un grupo distintivo de peces que se creyó extinto hasta la aparición de una especie viviente en 1939.

Cenozoico: La más reciente de las eras del tiempo geológico; según el fechado radiométrico, data de hace unos setenta millones de años hasta nuestros días.

Cidaroideo: Miembro de un orden de equinoideos (erizos marinos).

Clase: En taxonomía, subdivisión de un fillum; por ejemplo, los mamíferos, los reptiles…

Clivaje: Tendencia de los cristales de ciertos minerales a romperse con facilidad con arreglo a planos específicos en su orientación.

Concreción: Masa mineral, a menudo de forma distintiva, encerrada en un sedimento de una materia diferente.

Correlación: En estratigrafía, la determinación de formaciones o estratos equivalentes en áreas separadas, a menudo con ayuda de fósiles característicos.

Cretácico: El primero de los tres períodos en que se divide el Mesozoico. Incluye las gredas como formación especialmente distintiva.

Crinoideo: Miembro de una clase de equinodermos («lirios marinos») con una forma superficialmente similar a las de las plantas. Comunes como fósiles. Todas las especies vivientes, a excepción de unas pocas, han perdido el pedúnculo o «tallo» y nadan libremente en el mar. Cristalografía: Ciencia que estudia la forma y estructura de los cristales.

Crustáceos: Miembros de una gran clase de artrópodos acuáticos, que incluyen las langostas, los cangrejos y las gambas.

Cuarzo: Mineral extremadamente común formado por óxido de silicio; forma parte, a menudo, de la arena común. En calidad de gema recibe el nombre de cristal de roca.

Dendriformes: Marcas, aparentemente similares a helechos, de la superficie de algunas rocas, formadas por la cristalización de materias minerales.

Depósitos: Formaciones de la era Carbonífera de Europa y América del Norte. Incluye la mayor parte de los filones de carbón económicamente rentables del Hemisferio Norte.

Depósitos superficiales: Depósitos que cubren, irregularmente, una serie de estratos uniformes u otras rocas, por ejemplo, las gravas aluviales. Equinoideo: Miembro de una clase de equinodermos («erizos marinos»), con una «concha» de forma aproximadamente globular (de hecho, es un esqueleto interno), normalmente cubierto de espinas

móviles.

Eoceno: Uno de los períodos en los que se divide el Cenozoico.

Espatos: Minerales de textura cristalina lustrosa, por ejemplo, calcita y feldespato.

Especiación: Proceso por el cual evolucionan nuevas especies a partir de otras preexistentes.

Esquisto: Roca metamórfica que se separa fácilmente en placas similares a las de la pizarra.

Estalactita: Masa en forma de carámbano de carbonato cálcico que cuelga de los techos de las cuevas calizas, formada por evaporación del agua que gotea por ella.

Estalagmita: Pináculo de carbonato cálcico formado en los suelos de las cuevas calizas.

Estratigrafía: Estudio de rocas estratificadas y de su correlación entre diferentes áreas.

Estrato: Capa de rocas sedimentarias, por ejemplo, calizas, areniscas. Familia: En taxonomía, grupo de géneros interrelacionados.

Fillum: En taxonomía, una de las principales divisiones del reino animal, por ejemplo, Moluscos, Cordados (es decir, todos los vertebrados y unos cuantos animales relacionados más), Artrópodos.

Formación: Serie distintiva de estratos.

Gasterópodo: Miembro de una gran clase de moluscos, que presenta normalmente, una concha espiral no dividida en cámaras; por ejemplo, los caracoles.

Género: En taxonomía, grupo de especies relacionadas.

Gneis: Roca metamórfica de aspecto inconfundible, con grandes bandas de diferentes minerales cristalinos, y de composición similar a la del granito.

Guarda: Parte sólida, en forma de proyectil, de un belemnite, compuesta de cristales radiales de calcita.

Hipertropical: Clima aun más cálido que el clima tropical actual.

Homología: En anatomía comparada, relación existente entre las partes equivalentes de diferentes organismos; por ejemplo, entre el ala de un murciélago y el brazo de un hombre.

Horizonte de demarcación: Estrato o formación con una litología, o contenido fosilífero especialmente característicos en un área muy extensa; valioso para la correlación.

Ígneo: Proceso en el que intervienen altas temperaturas y un alto grado de fusión en el seno de la Tierra; rocas formadas por este proceso: por ejemplo, la lava.

Jurásico: Período intermedio de los tres en que se divide el Mesozoico. Su nombre proviene de las montañas del Jura en Suiza.

Kupferschiefe: Formación del Pérmico en Alemania, con algunos estratos de contenido en cobre relativamente elevado.

Lías: Formación del Jurásico en el grupo occidental, formada fundamentalmente por pizarras y calizas delgadas. Su nombre procede de un término inglés utilizado por los canteros.

Litología: Carácter general de una roca, por ejemplo, su textura, la naturaleza de los minerales que la forman, *etc.*

Marcasita: Mineral compuesto por sulfuro de hierro que, a menudo se encuentra en nódulos (por ejemplo, en las calizas) con cristales que irradian desde su centro.

Marsupial: Miembro de un grupo de mamíferos en el que los jóvenes nacen en una fase muy temprana del desarrollo, y son transferidos a una bolsa materna; por ejemplo, los canguros.

Mesozoico: Era del tiempo geológico durante la que existió una vida de un carácter intermedio entre el Paleozoico y el Cenozoico; según el fechado radiométrico moderno, iría de los 230 a 700 millones de años atrás.

Metamorfismo: Serie de procesos en los que actúan temperaturas elevadas, o altas presiones, o ambas, que tienen por resultado importantes cambios en la textura mineral o composición de una roca; los ejemplos incluyen la transformación de calizas en pizarras, o en mármol.

Mioceno: Uno de los períodos en los que se divide el Cenozoico.

Molde: Fósil en el que la materia original de, por ejemplo, una concha o un hueso, ha sido reemplazada por un mineral diferente; también puede ser la impresión dejada por una concha en el sedimento consolidado que la rodea.

Molusco: Miembro de un enorme fillum de animales invertebrados que incluye a los bivalvos, los cefalópodos y los gasterópodos.

Morfología: Ciencia que estudia la forma en el organismo; también estructura general y anatomía de un organismo.

Muschelkalk: Formación caliza distintiva del Triásico en Alemania.

Nautilus: Miembro superviviente y escaso de un orden de moluscos cefalópodos, que abundan en su forma fósil extinta; tienen una gran concha espiral dividida en cámaras con el interior perlado.

Neopilina: Molusco marino muy escaso, perteneciente a una clase arcaica que se creía extinta desde el Paleozoico hasta el hallazgo de una especie viviente en los años 1950.

Nova: «Estrella nueva»; estrella que sufre un incremento repentino en su brillo.

Old Red Sandstone: Formación del Devónico, que aparece en Gran Bretaña y otros lugares, que contiene pocos fósiles excepto peces primitivos.

Oolito: Formación del Jurásico en Inglaterra en la que destacan calizas de una textura característica (oolítica).

Orden: En taxonomía, división inferior a la de la clase, pero superior a la de familia; por ejemplo, el orden de mamíferos Carnívoros.

Osículo: En un crinoideo, un segmento del pedúnculo articulado.

Osteología: Estudio anatómico de los huesos de los vertebrados. También estructura del esqueleto de un vertebrado concreto.

Ovíparo: Que se reproduce por puesta de huevos, por ejemplo, los reptiles y las aves.

Paleolítico: «Antigua Edad de Piedra», caracterizada por las herramientas de pedernal tallado.

Paleozoico: La más primitiva de las tres grandes eras del tiempo geológico sobre las que se dispone de un buen registro fósil. Según el

fechado radiométrico fue de hace 570

millones de años hasta hace 230 millones de años.

Paquidermo: Miembro de un orden de mamíferos, según la clasificación de Cuvier.

Incluye a los elefantes.

Permafrost: Suelo permanentemente congelado de las regiones árticas y sub-árticas.

Pérmico: El más joven de los períodos en los que se divide el Paleozoico.

Pirita: Mineral formado por sulfuro de hierro que, a menudo aparece en cristales brillantes de color bronce («oro falso»).

Placentarios: Mamíferos en los que las crías se conservan en el interior de la madre hasta un estado posterior del desarrollo. Estos comprenden a todos los mamíferos, a excepción de los marsupiales.

Pleistoceno: División relativamente reciente del Cenozoico, que cubre, a grandes rasgos, la duración de la «Era Glacial», es decir, de hace 1-2 millones de años, hasta hace 10.000 años.

Plioceno: Período del Cenozoico anterior al Pleistoceno.

Pre-Cámbrico: Período geológico anterior al Paleozoico y el Cámbrico que concluyó hace unos 570 millones de años; rocas con fósiles muy escasos.

Problemática: Fósiles de afinidades biológicas inciertas o, en algunos casos, de origen orgánico incierto.

Radiométrico: Se dice del método utilizado para fechar rocas midiendo los productos de la descomposición radiactiva de ciertos elementos. En la geología actual permite calcular edades en millones de años (con sustanciales márgenes de error) y

suplementa, pero no suplanta, otros métodos anteriores de «fechado relativo» por medio de los fósiles.

Taxonomía: Estudio de la clasificación de los organismos; sus nombres y su disposición jerárquica, por ejemplo, en fillum, clase, orden, familia, género y especie.

Tectónico: Relacionado con la corteza terrestre, y los procesos que afectan a su estructura, por ejemplo, los movimientos orogénicos.

Terciario: Término antiguo utilizado para estratos más recientes que los «Secundarios» o Mesozoicos; hoy en día es casi sinónimo de Cenozoico (si bien, excluyendo el

«Cuaternario», es decir, el Pleistoceno y «nuestros días»).

Tetrápodo: Vertebrado con cuatro extremidades, es decir, mamíferos, reptiles, aves y anfibios.

Triásico: Primero de los tres períodos en los que se divide el Mesozoico.

Trilobite: Miembro de una gran clase de artrópodos marinos extintos, con un exoesqueleto segmentado y ojos «compuestos» prominentes.

Tuberculada: En un equinoideo (erizo marino), «concha» cubierta de protuberancias sobre las que se apoyan espinas móviles.

Ungulado: Miembro de un orden de mamíferos con cascos; los ejemplos incluyen a los cerdos, los ciervos, las ovejas, las vacas, el caballo y el rinoceronte.

Vivíparo: Que se reproduce por medio de crías que nacen «vivas» (es decir, no encerradas en un huevo), como la mayor parte de los mamíferos.

Wenlock Limestone: Formación característica del Silúrico en Inglaterra, que forma una línea prominente de colinas (Wenlock Edge).

Bibliografía

Karl Alfred von Zittel, *Geschichte der Geologie und Paläontologie bis Ende des 19.*

Jahrhunderts. Munich y Leipzig, 1899. (La versión inglesa, *History of Geology and Palaeontology*, en traducción de M. M. Ogilvie-Gordon, Londres, 1901 [reeditada en Weinheim, 1962], carece desgraciadamente de todas las referencias a las obras citadas, y es, sustancialmente, abreviada). Se trata de una recopilación exhaustiva, útil como fuente de referencias y, de hecho, fidedigna, pero con una escasa interpretación histórica.

Archibald Geikie, *The Founders of Geology*, Londres, 1897 (segunda edición, Londres, 1905, reeditado en Nueva York, 1962). Aunque se trata de un planteamiento antiguo, es todavía una introducción amena al tema.

Frank Dawson Adams, *The Birth and Development of the Geological Sciences*, Londres, 1938

(reeditado en Nueva York, 1954). Antigua y anecdótica aproximación, que, no obstante, contiene útiles anotaciones y referencias, especialmente en lo referido a los trabajos sobre los períodos primitivos.

Kirtley F. Mather y Shirley L. Mason, *A Source Book in Geology*, Nueva York, 1939

(reeditado en Cambridge [Mass.], 1970). Antología de extractos, generalmente muy breves, procedentes de las obras de los geólogos y paleontólogos de finales del siglo XIX.

Charles Coulston Gillispie, *Genesis and Geology. A study in the relations of scientific thought, natural theology, and social opinion in Great Britain, 1790-1850*. Cambridge (Mass.), 1951 (reeditado en 1969). Un importante estudio a favor de la posición central del «providencialismo» en la geología inglesa a principios del siglo XIX.

Carl Chr. Beringer, *Geschichte der Geologie und des Geologisches Weltbildes*, Stuttgart, 1954.

El mejor trabajo breve de interpretación de las ciencias de la tierra; particularmente valioso por su equilibrada evaluación del trabajo de los geólogos de diferentes nacionalidades.

Loren Eisley, *Darwin's Century. Evolution and the Men who Discovered It*, Londres, 1959.

Un veraz y objetivo resumen introductorio de la biología evolutiva en el siglo XIX.

John C. Greene, *The Death of Adam. Evolution and its Impact on Western Thought*, Ames (Iowa), 1959. Un resumen atractivamente escrito e ilustrado acerca de la historia de la teoría evolutiva, en particular en lo que se refiere al lugar del hombre en la naturaleza.

Francis C. Haber, *The Age of the World. Moses to Darwin*, Baltimore, 1959. Un útil estudio, principalmente sobre los siglos XVII a XIX, que

incluye abundante documentación sobre la interpretación de los fósiles.

Helmut Hölder, *Geologie und Paläontologie in Texten und ihrer Geschichte*, Friburgo/Munich, 1960. Una recopilación masiva, a partir de tópicos, con extensas referencias.

Stephen Toulmin y June Goodfield, *The Discovery of Time*, Londres, 1965. Un comprensivo y estimulante ensayo sobre la historia del concepto «historia natural».

W. N. Edwards, The Early History of Palaeontology, Londres, 1967 (primera edición, 1931). Un tratamiento abreviado y principalmente derivativo, aunque con algunas interesantes ilustraciones.

Cecil J. Schneer (ed.), *Toward a History of Geology*, Cambridge (Mass.), 1969. Una colección de trabajos especializados de historiadores de la geología y geólogos.

R. Hooykaas, *Continuité et Discontinuité en Géologie et Biologie*, París, 1970 (edición revisada de *Natural Law and Divine Miracle. A historial-critical study of the principle of uniformity in geology, biology and theology*, Leiden, 1959). Un importante estudio acerca de los diferentes significados de «uniformidad» en las ciencias «históricas», con abundantes ejemplos de la geología y la paleontología del siglo XIX.



MARTIN JOHN SPENCER RUDWICK (nacido en 1932) es un geólogo, historiador y académico británico. Rudwick es profesor emérito de Historia en la Universidad de California en San Diego e investigador asociado en el Departamento de Historia y Filosofía de la Ciencia de la

Universidad de Cambridge. Su principal campo de estudio es la historia de las ciencias de la tierra; su trabajo ha sido descrito como las «historias definitivas de las ciencias de la tierra predarwinianas». Rudwick fue uno de los primeros estudiosos en criticar la tesis del conflicto entre religión y ciencia.

Rudwick recibió la Medalla Científica de la Sociedad Zoológica de Londres en 1972.

Recibió la Medalla Sue Tyler Friedman de la Sociedad Geológica de Londres en 1988. La Sociedad para la Historia de la Historia Natural otorgó a Rudwick la Medalla del Fundador en 1988. Rudwick fue nombrado miembro de la Fundación Guggenheim durante 1994-1995, los mismos años en los que fue profesor Tarner en el Trinity College de Cambridge. Recibió el Premio Bernal de la Sociedad de Ciencias Sociales en 1999.

Recibió la Medalla George Sarton en 2007 de la Sociedad de Historia de la Ciencia. En 2008, fue elegido miembro de la Academia Británica (FBA). En 2008 recibió el Premio Wegmann de la Société Géologique de France. Rudwick recibió el Premio Levinson de la Sociedad de Historia de la Ciencia en 2012 y el Premio Dingle de la Sociedad Británica de Historia de la Ciencia en 2015. En 2016, la Unión Internacional de Ciencias Geológicas otorgó a Rudwick el Premio Tikhomirov.

Notas

[1] Conradus Gesnerus, De Rerum fossilium, Lapidum et Gemmarum maxime, figuris et similitudinibus liber, Tiguri, 1565. Willy Ley, «Konrad Gesner, Leben und Werk», Münchener Beiträge zue Geschichte und Literatur der Naturwissenschaften und Medezin, Heft 15-16, München, 1929. Gerald P. R. Martin, «Conrad Gesner. Zu seinem vierhundertsten. Todestage am 13. Dezember 1965», Natur und Museum, Frankfurt, 1965, vol. 95, pp. 483-494. < <

[2] M. J. S. Rudwick, «Problems in the Recognition of Fossils as organic Remains», Actes, Xme Congrès internationale de l'Histoire des Sciences (1964), pp. 985-7. < <

[3] Conradus Gesnerus, Historiae Animalium, Tiguri, 1551-8, 4 volúmenes. < <

[4] Ulyssus Aldrovandus, Musaeum Metallicum in Libros III distributum…, Boloniae, 1648. Fue editado por Bartolomeo Ambrosino, probablemente a partir del material mencionado en

Aldrovandi como Geologia ovvero De Fossilibus (véase Adams, Birth and Development, p. 166). < <

[5] Georgius Agricola, De Natura Fossilium Lib. X, Basiliae, 1546. Para una versión moderna, véase la traducción de M. C. Bandy y J. A. Bandy, «De Natura Fossilium (libro de texto de Mineralogía) de Georgius Agricola», Geological Society of America, Special Paper núm. 63 (1955). < <

[6] Gesner, De Rerum fossilium, Epístola dedicatoria. < <

[7] Leonardus Fuchsius, De Historia Stirpium Commentarii, Basiliae, 1542, Andreas Vesalius, De Humani Corporis Fabrica Libri Septem, Basiliae, 1543. < <

[8] Christophorus Encelius, De Re metallica, hoc est. de Origine, Varietate & Natura Corporum Metallicorum, Lapidum, Gemmarum, atq. aliarum, quae ex Fodinis cruuntur, Rerum, ad Medicinae Usum deseruientium, Libri III, Francofurdi, 1557. < <

[9] Fabius Columnis, Aquatilium, et Terrestrium aliquot Animalium, aliarumq.

naturalium Rerum observationes, Romae, 1616. < <

[10] C. E. Raven, Natural Religion and Christian Theology, primera serie, Science and Religion, Cambridge, 1953. Véase capítulo 5, «Gesner and the Age of Transition». < <

[11] Io. Kentmanus, Nomenclaturae Rerum fossilium, quae in Misnia praecipue & in aliis quoque regionibus inveniuntur, Tiguri, 1565. < <

[12] Michaelus Mercatus, Metallotheca vaticana, Romae, 1719 (aunque publicado mucho después de su compilación, era conocido en manuscrito, y fue empleado, por ejemplo, por Steno en el siglo XVII); Andreus Caesalpinus, De Metallicis Libri tres, Romae, 1583.

J. B. Olivus De reconditis et praecipuis Collectaneis ab Francesco Calceolario veronensi in Musaeo adservatis, Veronae, 1584. Benedictus Cerutus y Andreas Chioccus, Musaeum Franc. Calceolari iun. Veronensis…, Veronae, 1622. < <

[13] Conradus Gesnerus, De omni Rerum fossilium Genere, Gemmis, Lapidibus, Metallis et huiusmodi, Libri aliquot, Tiguri, 1565-6. < <

[14] H. M. Fisch, «The Academy of the Investigators», en E. A.

Underwood (ed.), Science, Medicine and History, Oxford 1953 vol I, p. 521-563. < <

[15] Conradus Gesnerus, Historiae Animalium Liber III, qui est de Piscium & aquatilium Animalium Natura, Tiguri, 1558. < <

[16] Gesner, De Rerum fossilium, Epistola dedicatoria. < <

[17] Agricola, De Natura Fossilium: De Re metallica, Basiliae, 1556: para una traducción al inglés moderna del último, véase H. C. Hoover, Georgius Agricola, De Re Metallica, Londres, 1912. < <

[18] Allen G. Debus, The Chemical Dream of the Renaissance, Cambridge, 1968. < <

[19] Bernard Palissy, Discours Admirables, de la nature des eaux et fontaines, tant naturelles qu'artificielles, des metaux, des sels et salines, des pierres, des terres, du feu et des emaux, avec plusieurs autres secrets des choses naturalles, plus un traite de la marne fort utile et necessaire pour ceux qui se meslent de l'agriculture, le tout dresse par dialogues esquels sont introduits la Theorique et la Practique, París, 1580. Para una traducción moderna en inglés, véase A. La Rocque, The Admirable Discourses of Bernard Palissy, Urbana, 1957. Véase también A. La Rocque, «Bernard Palissy», en Cecil J. Schneer (ed.), Toward a History of Geology, Cambridge (Mass.), 1969, pp. 226-241. < <

[20] Bernard Palissy, Recepte véritable par laquelle tous les hommes de la France pourront apprendre a mutiplier et augmenter leurs thresors, Item, ceus qui n'ont jamais eu cognoissance des lettres, pourront apprendre une philosophie necessaire a tous les habitants de la terre…, La Rochelle, 1563. < <

[21] Agnes Arber, Herbals: their Origin and Evolution. A Chapter in the History of Botany, 1470-1670, Cambridge, 1953. < <

[22] [Conrad Gesner], Thesaurus Euonymus Philatri, de Remediis secretis…, Tiguri, 1554. < <

[23] Gabrielus Falopius, De medicatis Aquis, atque de Fossilibus, Tractatus, Venetiis, 1564. Véase también J. Bauhinus, Historia novi et admirabilis fontis balneique Bollensis in Ducatu Wirtembergio… Adijciuntur plurimae figurae novae variourum fossilium, stirpium & insectorum, quae in & circa hunc fontem reperiuntur, Montisbeligardi, 1598.

< <

[24] Aldrovandus, Musaeum Metallicum, véase Libro IV, De Lapidibus in genere. < <

[25] A. G. Debus, The English Paracelsians, Londres, 1965, véase el capítulo I. < <

[26] Frances E. Yates, Giordano Bruno and the Hermetic Tradition, Londres, 1964. < <

[27] Frances E. Yates, «The Hermetic Tradition in Renaissance Neoplatonism», en C. S.

Singleton (ed.), Art, Science and History in the Renaissance, Baltimore, 1967. < <

[28] Camillus Leonardus, Speculum Lapidum, Venetiis, 1502. L. Thorndike, A History of Magic and experimental Science: the sixteenth Century, New York, 1941. < <

[29] Hieronymus Cardanus, De Subtilitate Libri XXI, Nuremberg, 1550 (y otras ediciones posteriores). < <

[30] Cardanus, De Subtilitate, véase Liber VII, De Lapidibus. < <

[31] Franciscus Rueus, De Gemmis aliquot, iis praesertim quarum Divus Ionannes Apostolus in sua Apocalypsi meminit: de aliis quoque, quarum usus hoc aevi apud omnes percrebruit, Libri duo…, Tiguri, 1565. < <

[32] Epiphanius, De XII Gemmis, quae erant in Veste Aaronis, Liber graecus… cum Corollario Conradi Gesneri, Tiguri, 1566. < <

[33] Para una amplia discusión de estas recopilaciones aparentemente «misceláneas», véase Michel Foucault, Les Mots et Les Choses. Une Archéologie des Sciences humaines, París, 1966 (traducción al inglés, The Order of Things, Londres, 1970), cap. 2.

< <

[34] Ioannus Kentmanus, Calculorum qui in Corpore ac Membris Hominum Innascuntur, genera XII depicta descriptaq., cum Historiis singulorum admirandis, Tiguri, 1565. < <

[35] Véase Allen G. Debus, «Edward Jorden and the Fermentation of the Metals: An Iatrochemical Study of Terrestrial Phenomena», en

Schneer, Toward a History of Geology, pp. 100-121. < <

[36] Guilielmus Rondeletius, Libri de Piscibus marinis, in quibus verae piscium effigies expressae sunt, Lugduni, 1554; Pierre Belon, La Nature et Diversité des Poissons, París, 1555. < <

[37] D. C. Allen, «Legend of Noah, Renaissance Rationalism in Art, Science and Letters», University of Illinois Studies in Language and Literature vol. 33 núms. 3-4, Urbana, 1949 (reeditado en 1963). Véase también John Dillenberger, Protestant Thought and Natural Science. A Historical Interpretation, Londres, 1961, caps. 1-3. < <

[38] Aristóteles, Meteorologica (traducción H. D. P. Lee), Londres, 1952, libro I, cap. 14.

< <

[39] Edward MacCurdy, The Notebooks of Leonardo da Vinci, Londres, 1938: véase vol.

I, pp. 325-374. Los principales pasajes proceden de un manuscrito fechado alrededor de 1508-9. < <

[40] Cerutus y Chioccus, Musaeum Franc. Calceolari, p. 407. < <

[41] Cardanus, De Subtilitate, véase Liber II, De Elementis et eorum Motibus et Actionibus, y Liber III, De Lapidibus. < <

[42] Palissy, Discours admirables; véase también H. R. Thompson, «The geographical and geological Observations of Bernard Palissy the Potter», Annals of Science, vol. 10, pp. 149-165, 1954. < <

[43] Columnus, Observationes, véase cap. XXI, De varia lapidum concretiones,& rebus in lapidem versis eorum effigie remanente. < <

[44] Fabius Columnus, De Glossopetris Dissertatio. En Fabii Columnae Lyncei Purpura, Romae, 1616, pp. 31-39. < <

[45] Véase Gustav Scherz, «Vom Wege Niels Stensens. Beiträge zu seiner naturwissenschaftlichen Entwicklung», Acta Historica Scientiarum naturalium

Medicinalium, Copenhague, vol. 14 (1956); también «Nicholaus Steno's life and work», ibid., vol. 15, pp. 9-86 (1958). < <

[46] Olao Wormius, Museum Wormianun, seu Historia Rerum Rariorum, tam Naturalium quan Artificialium, tam Domesticarum,

quam Exoticarum, quae Hafniae Danorum in Aedibus Auctoris servantur, Lugduni Batavorum, 1655. < <

[47] Nicolaus Stenonis, Elementorum Myologiae Specimen, seu Musculi descriptio Geometrica, cui accedunt Canis Carchariae dissectum Caput, et Dissectus Piscus ex Canum genere, Florentiae, 1667. El ensayo sobre las piedras-lengua fue reeditado y traducido, de manera incompleta, en Axel Garboe, The earliest geological treatise (1667) by Nicolaus Steno (Niels Stensen), translated from Canis Carchariae Dissectum Caput, Londres, 1958. < <

[48] Philosophical Transactions of the Royal Society, vol. 2 (núm. 32), pp. 627-8 (10 feb.

1667/8). < <

[49] V. A. Eyles, «The influence of Nicholaus Steno on the development of geological science in Britain», Acta Historica Scientiarum naturalium Medicinalium, vol. 15, pp.

167-188 (1958). < <

[50] Richard Waller, The Posthumous Works of Robert Hooke, M.D., S.R.S., Geom. Prof.

Gresh. &c. Containing his Cutlerian Lectures, and other Discourses read at the meetings of the illustrious Royal Society, Londres, 1705 (facsímil reeditado, New York, 1969): véase discurso sin fechar, pp. 329-350. < <

[51] R. Hooke, Micrographia: or some Physiological Descriptions of Minute Bodies made by Magnifying Glasses, with Observations and Inquires thereupon, Londres, 1665

(facsímil reeditado, New York, 1961): véase «Observ. XVII», pp. 107-112. < <

[52] Véase Arthur O. Lovejoy, The Great Chain of Being. A Study in the History of an Idea, Cambridge (Mass.), 1936 (reeditado en 1960), cap. 5. < <

[53] Athanasius Kircher, Mundus Subterraneus in XII Libros Digestus; quo Divinum Subterrestris Mundi Opificium…, Amsterodami, 1664-5. < <

[54] Agostino Scilla, La Vana Speculazione disingannata dal Senso.

Lettera risponsiva circa i corpi marini, che petrificati si trovano in varii luoghi terrestri, Napoli, 1670.

Durante el siglo XVIII se publicaron varias ediciones latinas. < <

[55] Nicholaus Stenonis, De Solido intra Solidum naturaliter Contento Dissertationis Prodromus, Florentiae, 1669. Para una traducción moderna al inglés véase John Garrett Winter, The Prodromus of Nicolaus Steno's dissertation concerning a solid body enclosed by process of nature within a solid, New York, 1916 (reeditado en 1968). < <

[56] Nicolaus Steno, The Prodromus to a Dissertation Concerning Solids Naturally Contained within Solids. Laying a Foundation for the Rendering a Rational Accompt both of the Frame and the several Changes of the Masse of the Earth, as also of the various Productions in the same. English'd by H. O., Londres, 1671. < <

[57] Robert Boyle, Essays of the Strange Subtilty Determinate Nature Great Efficacy of Effluviums… Also an Essay, about the Origine and Virtue of Gems. To which is added The Prodromus to a Dissertation concerning Solids naturally contained within Solids Giving an Account of the Earth and its Productions. By Nicholas Steno. English'd by H.

O., Londres, 1673. < <

[58] Martin Lister, «A letter… confirming the Observations in No. 74. about Musk scented Insects; adding some Notes upon D. Swannerdam's book of Insects, and on that of M. Steno concerning Petrify'd Schells», Philosophical Transactions, vol. 6 (núm. 76), pp. 2281-4 (22 oct. 1671). < <

[59] Martinus Lister, Historia Animalium Angliae tres Tractatus. Unus de Araneis. Alter de Cochleis tum terrestribus tum fluviatilibus. Tertius de Cochleis marinis. Quibus adjectus est Quartus de Lapidibus eiusdem insulae ad Cochlearum quandam imaginem figuratis. Memoriae et Rationi, Londini, 1678. Historia Conchyliorum, Londini, 1685-92.

< <

[60] Charles E. Raven, John Ray Naturalist. His Life and Works, Cambridge, 1942. < <

[61] John Ray, Observations topographical, moral and physiological, made in a Journey through part of the low Countries, Germany, Italy

and France: with a catalogue of plants not native of England, Londres, 1673: véase pp. 113-131. < <

[62] Raven, John Ray, p. 454. < <

[63] Véase Francis C. Haber, The Age of the World: Moses to Darwin, Baltimore, 1959.

< <

[64] Suzanne Kelly, «Theories of the Earth in Renaissance Cosmologies», en Schneer, Toward a History of Geology, pp. 214-225. < <

[65] Véase Oscar Cullmann, Christus und die Zeit, Zurich, 1946 (traducción inglesa, Christ and Time. The Primitive Christian Conception of Time and History, Londres, 1951). < <

[66] Véase R. G. Collingwood, The Idea of History, Oxford, 1946. < <

[67] Véase Ernest Lee Tuveson, Millenium and Utopia. A Study of The Background of the Idea of Progress, Berkeley y Los Angeles, 1949 (reeditado en New York, 1964). < <

[68] Véase Frank E. Manuel, Isaac Newton, Historian, Cambridge, 1963. < <

[69] Jacobus Usserius, Annales Veteris Testamenti, a prima mundi origine deducti: una cum rerum asiaticarum et aegypticarum chronico, a temporis historicis principio usque ad Maccabaicorum initia producto, Londini, 1650: véase Praefatio. He traducido testamentum como «acuerdo», para insistir en que el trabajo se ocupa de un período de la historia universal, no del Viejo Testamento como tal. < <

[70] Athanasius Kircherus, Arca Noe in tres libros digesta, sive de rebus ante diluvium, de diluvio, et de rebus post diluvium a Noemo gestis, Amsterodami, 1675. < <

[71] [Isaac de la Peyrère], Men before Adam, or, a discourse upon Romans V, 12, 13, 14, by which are prov'd, that the first men were create dbefore Adam. Londres, 1636

(edición latina original, Praeadamitae, 1655). Véase también Allen, Legend of Noah, cap. 6. < <

[72] Matthew Hale, The Primitive Origination of Mankind, considered

and Examined according to the Light of Nature, Londres, 1677. < <

[73] Cecil Schneer, «The Rise of Historical Geology in the Seventeenth Century», Isis, vol. 45, pp. 256-268 (1954). < <

[74] Waller, Posthumous Works of Robert Hooke, pp. 279-328. < <

[75] Yates, Giordano Bruno, pp. 416-423. < <

[76] J. A. McGuire y P. M. Rattansi, «Newton and the Pipes of Pan», Notes and Records of the Royal Society of London, XXI, pp. 108-143 (1966). < <

[77] Marjorie Hope Nicolson, Mountain Gloom and Mountain Glory: The Development of the Aesthetics of the Infinite, Ithaca, 1950. Gordon L. Davies, The Earth in Decay. A History of British Geomorphology 1578-1878, Londres, 1969: cap. 1,2. < <

[78] Renatus DesCartes, Principia Philosophiae, Amstelodami, 1644: sec. 188. Véase Robert Lenoble, «La Géologie au millieu du XVIIe. siècle», Les Conférences du Palais de la Découverte, serie D. núm. 27, París, 1954. < <

[79] Véase Nicolson, Mountain Gloom and Mountain Glory, cap. 3. < <

[80] H. More, Democritus Platonissans, or, an Essay upon the Infinity of Worlds out of Platonick Principles, Cambridge, 1646; véase 21, 76. < <

[81] Thomas Burnet, Telluris Theoria Sacra: Orbis nostri Originem & Mutationes Generales, quae aut jam subiit, aut olim subiturus est, complectens. Libri duo priores, de Diluvio & Paradiso [1680]. Libri duo posteriores, de Conflagratione Mundi, et de Futuro Rerum Statu [1689]. Londini. (Las ediciones inglesas de ambas partes fueron publicadas en 1684 y 1690, respectivamente). < <

[82] Véase Nicolson, Mountain Gloom and Mountain Glory, cap. 5. < <

[83] H. W. Turnbull, Correspondence of Sir Issac Newton, vol. 2. Cambridge, 1960, cartas 246-7. < <

[84] John Ray, Miscellaneous Discourses Concerning the Dissolution and Changes of the World, Londres, 1692. Three physico-theological Discourses, concerning I. The primitive Chaos, and Creation of the

World. II. The general Deluge, its Causes and Effects. III The Dissolution of the World, and Future Conflagration, Londres, 1693. Los ensayos «Of Formed Stones» se encuentran en las pp. 104-132 y pp. 127-152, respectivamente. Véase también Raven, John Ray, cap. 16. < <

[85] John Woodward, An Essay toward a Natural History of the Earth; and Terrestrial Bodies, especially Minerals; as also of the Seas, Rivers and Springs. With an Account of the Universal Deluge; and of the Effects that it had upon the Earth, Londres, 1695. < <

[86] J. A[rbuthnot], An Examination of Dr. Woodward's account of the Deluge &c. With a comparison between Steno's philosophy and the Doctor's, in the case of marine bodies dug out of the Earth, Londres, 1697. < <

[87] Robert W. T. Gunther, Further Correspondence of John Ray, Londres, 1928: carta 214 (a Lhwyd, 1699). < <

[88] William Whiston, A new Theory of the Earth, from its Original, to the Consummation of all Things, wherein the Creation of the World in Six Days, the Universal Deluge, and the General Conflagration, as laid down in the Holy Scriptures,

are shown to be perfectly agreeable to Reason and Philosophy, Londres, 1696. John Keill, An Examination of Dr. Burnet's Theory of the Earth. Together with some remarks on Mr. Whiston's New Theory of the Earth, Oxford, 1698. Véase Nicolson, Mountain Gloom and Mountain Glory, cap. 6, y Davies, The Earth in Decay, cap. 3. < <

[89] En una carta a Ray, 1698, editada en su Lithophylacii Britannici Ichnographia sive Lapidorum aliorumq. Fossilium Britannicorum singulari figura insignium, Londini et Lipsiae, 1699; pp. 128-136. La traducción al inglés de esta carta está editada en R. T.

Gunther, Early Science in Oxford, vol. XIV, Oxford, 1945, carta 200. Véase también

[Charles King], An Account of the Origin and Formation of Fossil Shells, &c. Wherein is Proposed a Way to Reconcile the Two Different Opinions, of those who affirm them to be the Exuviae of real Animals, and those who fancy them to be Lusus Naturae, Londres, 1705. < <

[90] Further Correspondence, carta 151 (a Lhwyd, 1695): véase también John Beaumont, Considerations of a Book, entituled the Theory of the Earth. Publisht some Years since by the Learned Dr.

Burnet, Londres, 1693. < <

[91] Further Correspondence, carta 154 (a Lhwyd, 1695). < <

[92] Johannus Scheuchzerus, Piscium Querelae et Vindiciae, Tiguri, 1708; Carolus Langius, Historia Lapidum Figuratorum Helvetiae, eiusque viniciae…, Venetiis, 1708.

< <

[93] Johannus Scheuchzerus, Herbarium Diluvianum, Tiguri, 1709. < <

[94] Johannus Scheuchzerus, ΣΥΝΘΕΩ, Homo Diluvii Testis et ΘΕΟΣΚΟΠΟΣ. Tiguri, 1726. < <

[95] Haber, Age of the World, pp. 107-8. < <

[96] Balthasarus Erhardus, De Belemnitis Suevicis Dissertatio, Lugduni Batavorum, 1724. Las afinidades biológicas de los belemnites continuaron siendo tema de discusión durante muchos años: véase un sumario de las opiniones del siglo XVIII en M. H.

Ducrotay de Blainville, Mémoire sur les Bélemnites, considerées zoologiquement et géologiquement, París, 1827, sección primera. < <

[97] Melvin E. Jahn, «Dr. Beringer and the Würzburg "Lügensteine"», Journal of the Society for the Bibliography of natural History, vol. 4, pp. 138-146 (1963). < <

[98] Johannus Bartholomaeus Adamus Beringer, Lithographiae Wirceburgensis, ducentis Lapidum Figuratorum, a potiori Insectiformium, prodigiosis Imaginibus exornatae Specimen Primum, Wirceburgi, 1726. Para una edición moderna en inglés, véase Melvin E. Jahn y Daniel J. Woolf, The Lying Stones of Dr. Johann Bartholomew Adam Beringer being his Lithographiae Wirceburgensis, Berkeley y Los Angeles, 1963.

< <

[99] Antonio Vallisneri, De' Corpi marini, che su' Monti si trovano; della loro Origine, e dello stato del Mondo avanti il Diluvio, nel Diluvio, e dopo il Diluvio; Lettere critiche, Venecia, 1721 (reeditado en Opere Fisico-Mediche, Venecia, 1733, vol. 2, pp. 305-363).

Anton-Lazzaro Moro, De Crostacei e degli altri marini Corpi che si

trovano su' Monti Libri due, Venecia, 1740. Johann Gottlob Lehmann, Versuch einer Gerschichte des Flötzgebürgen…, Berlín, 1756. < <

[100] Godefridus Guilielmus Leibnitius, Protogaea sive de prima facie Telluris et antiquissimae Historiae Vestigiis in ipsis naturae Monumentis Dissertatio ex schedis manuscriptis Viri illustris in lucem edita a Christiano Ludovico Scheidio, Goettingiae, 1749. < <

[101] Edmund Halley, «A short Account of the Cause of the Saltness of the Ocean, and of the several lakes that emit no Rivers; with a proposal, by help thereof, to discover the Age of the World», Philosophical Transactions, vol. 29 (núm. 344), pp. 296-300 (1715). < <

[102] [Benoît De Maillet], Telliamed ou Entretiens d'un Philosophe indien avec un Missionaire françois Sur la Diminution de la Mer, la Formation de la Terre, l'Origine de l'Homme &c. [editado por el Abbé J. B. le Mascrier], Amsterdam, 1748. Para una edición moderna en inglés, que señala las alteraciones realizadas por le Mascrier sobre el texto original de De Maillet, véase Albert V. Carozzi, Telliamed or Conversations Between an Indian Philosopher and a French Missionary on the Diminution of the Sea, by Benoît de Maillet, Urbana, 1968. < <

[103] Buffon y Daubenton, Histoire naturelle, générale et particulière, avec la Description du Cabinet du Roy. Tome premier, París, 1749. < <

[104] Le Comte de Buffon, Histoire Naturelle, générale et particulière, Supplément, Tome cinquième, París 1778: Des Epoques de la Nature, pp. 1-254. Para ediciones modernas, véase Jean Roger, «Buffon, Les Epoques de la Nature. Édition critique», Mémoires du Muséum national d'Histoire naturelle, serie C, vol. 10 (1962): también Jean Piveteau, Oeuvres philosophiques de Buffon, París, 1954, pp. 117-221. < <

[105] G. Cuvier, «Mémoire sur les espèces d'Elephants tant vivantes que fossiles», Magasin encyclopédique, 2me année, vol. 3, pp. 440-5 (1796). Esta publicación preliminar da como fecha de lectura de la conferencia el 15 de Germinal (3 de abril); la fecha del 1 de Pluvioso está tomada de la última versión completa procedente de las propias publicaciones del Instituto (véase nota 12). < <

[106] Véase Henri Daudin, Cuvier et Lamarck. Les Classes zoologiques et l'Idée de Série animale (1790-1830), París, 1926: cap. I; Yves

Laisus, «Le Jardin du Roi». «Les Cabinets d'Histoire naturelle» en René Taton (ed.), Enseignement et Diffusion des Sciences en France au XVIIe siècle, París, 1964: pp. 286-341, 659-712; Joseph Fayet, La Révolution française et la Science 1789-1795, París, 1960: parte I, cap. 9. < <

[107] Véase William Coleman, Georges Cuvier Zoologist. A Study in the History of Evolution Theory, Cambridge (Mass.), 1964: cap. 1. < <

[108] Véase, por ejemplo, en el caso de Edimburgo, John Walker's, Lectures on Geology (ed. Harold W. Scott), Chicago, 1966. < <

[109] A. L. Millin, 1792: recogido en Daudin, Classes zoologiques, p. 9. < <

[110] Georges Cuvier, Le Règne animal distribué d'après son Organisation pour servir de Base à l'Histoire naturelle des Animaux et d'Introduction à l'Anatomie comparée, París, 1817, 4 volúmenes. < <

[111] Véase Coleman, Cuvier, cap. 2. < <

[112] Cuvier, «Discours prononcé par le citoyen Cuvier, à l'ouverture du cours d'Anatomie comparée qu'il fait au Muséum national d'histoire naturelle, pour le citoyen Mertrud», Magasin encyclopédique, Ire année, vol. 5, pp. 145-155 (año 4: 1795).

< <

[113] Véase Coleman, Cuvier, cap. 3, 4. También E. S. Russell, Form and Function. A Contribution to the History o] animal Morphology, Londres, 1916; cap. 3. < <

[114] G. Cuvier, «Notice sur le squelette d'une très-grande espèce de Quadrupède inconnue jusqu'à présent, trouvè au Paraguay, et déposé au Cabinet d'Histoire naturelle de Madrid», Magasin encyclopédique, 2me année, vol. I, pp. 303-310 (1796). < <

[115] Véase John C. Greene, The Death of Adam. Evolution and its Impact on Western Thought, Ames, Iowa, 1959; cap. 4. < <

[116] Cuvier, «Mémoire sur les espèces d'elephants vivantes et fossiles», Mémoires de l'Institut national des Sciences et Arts, Sciences mathematiques et physiques, vol. 2, Mémoires, pp. 1-22 (1799). < <

[117] J. A. De Luc, Lettres physiques et morales sur l'Histoire de la

Terre et de l’Homme addressées à la Reine de la Grande Bretagne, La Haya y París, 1779; «Letters to Dr.

James Hutton, F. R. S., Edinburgh, on his Theory of the Earth», Monthly Review or Literary Journal, vol. 2, pp. 206-227, 582-601; vol. 3, pp. 573-586 (1790); vol. 5, pp. 564-585 (1791); Lettres sur l’Histoire physique de la Terre, addressés à M. le Professeur Blumenbach, renfermant de nouvelles Preuves géologiques et historiques de la Mission divine de Moyse, París, año 6, 1798. < <

[118] Véase R. Hooykaas, Natural Law and Divine Miracle. A historical-critical study of the principle of uniformity in geology, biology and theology, Leiden, 1959 (II edición, 1964, bajo el título The Principle of Uniformity); Continuité et Discontinuité en Géologie et Biologie, París, 1970. < <

[119] El término «actualismo» es utilizado a todo lo largo del presente libro para la metodología del pasado por medio de analogías con los procesos observables en el presente: este término, derivado de los usos continentales (Actualisme, Aktualismus), es preferible al término «uniformismo», más utilizado entre los geólogos angloparlantes, dado que este último tenía por fin subrayar no la metodología, sino el contenido de una teoría en particular, a saber, la de Charles Lyell, como sistema de «estado de equilibrio»

de historia de la Tierra. (Nota de la ed. española). < <

[120] G. Cuvier, «Extrait d’un ouvrage sur les espèces de quadrupèdes dont on a trouvé les ossements dans l’intérieur de la terre», Journal de Physique, de Chimie et d’Histoire naturelle, vol. 52, pp. 253-267 (año 9, 1801). < <

[121] Véase Charles Gillispie, Genesis and Geology. A study in the Relations of Scientific Thought, Natural Theology, and Social Opinion in Great Britain, 1790-1850, Cambridge (Mass.), 1951; Milton Millhauser, «The Scriptural Geologists. An Episode in the History of Opinion», Osiris, vol. II, pp. 65-86 (1954). < <

[122] Véase Déodat de Dolomieu, «Mémoire sur les pierres composés et sur les roches», Observations sur la Physique, sur l’Histoire naturelle et sur les Arts, vol. 39, pp. 374-407

(1791); vol. 40, pp. 41-62, 203-218, 372-403 (1791): esp. notas a pie de página en pp. 41-3; Kenneth L. Taylor, «The Geology of Déodat de Dolomieu», Actes du XIIme Congrès International d’Histoire des Sciences, vol. 7, pp. 49-53 (1971). < <

[123] G. Cuvier, «Sur les Elephants vivans et fossiles», Annales du Muséum national d'Histoire naturelle, vol. 8, pp. 1-58, 93-155, 249-269 (1806). < <

[124] G. Cuvier, «Mémoire sur le squelette presque entier d'un petit quadrupède du genre de Sarigues, trouvé dans le pierre à plâtre des environs de París», Annales du Muséum national d'Histoire naturelle, vol. 5, pp. 277-292 (1804). Véase también Coleman, Cuvier, cap. 5, y Russell, Form and Function, cap. 3. < <

[125] Véase nota 15. < <

[126] Véase C. C. Gillispie, «The Formation of Lamarck's evolutionary theory», Archives internationales d'Histoire des Sciences, vol. 9, 338 (1957). También Daudin, Classes zoologiques, cap. 10. < <

[127] Véase Lovejoy, Great Chain of Being; Henri Daudin, De Linné à Jussieu. Méthodes de la classification et idée de série en botanique et en zoologie (1740-1790), París [1926].

< <

[128] Véase Daudin, Classes zoologiques, p. 43. < <

[129] J. B. Lamarck, «Discours d'ouverture du Cours de Zoologie, donné dans le Muséum National d'Histoire Naturelle l'an 8 de la République», en Système des Animaux sans Vertèbres…, París, Año 9-1801: pp. 1-48. Reeditado en Bulletin scientifique de la France et de la Belgique, vol. 40, pp. 443-597 (1907); para una traducción moderna al inglés, véase D. R. Newth, «Lamarck in 1800: a lecture on the invertebrate animals, and a note on fossils…», Annals of Science, vol. 8, pp. 229-254

(1952). < <

[130] J. B. Lamarck, Hydrogéologie ou Récherches sur l'influence qu'ont les eaux sur la surface du globe terrestre; sur les causes de l'existence du bassin des mers, de son déplacement et de son transport successif sur les differens points de la surface de ce globe; enfin sur les changemens que les corps vivans exercent sur la nature el l'état de cette surface, París, año 9 [1802]. Para una edición moderna en inglés, véase Albert V.

Carozzi, Hydrogeology by J. B. Lamarck, Urbana (Illinois), 1964. < <

[131] James Hutton, «Theory of the Earth; or an investigation of the

laws discernible in the composition, dissolution and restoration of land upon the globe», Transactions of the Royal Society of Edinburgh, vol. I, parte 2, pp. 209-304 (1788); reeditado como el capítulo I de Theory of the Earth, with Proofs and Illustrations, 2 vols., Edimburgo, 1795

(reeditado en facsímil, Weinheim and Codicote, 1959). Véase también R. Hooykaas,

«James Hutton und die Ewigkeit der Welt», Gesnerus, vol. 23, pp. 55-66 (1966); y R. H.

Dott, Jr., «James Hutton and the Concept of a Dynamic Earth» en Schneer, Toward a History of Geology, pp. 122-141. < <

[132] Desmarest, Géographie physique: tome premier, París año 3 [1794]: pp. 732-782

(este trabajo fue publicado como parte de la Encyclopédie méthodique). Véase también Rhoda Rappaport, «Problems and sources in the history of geology, 1749-1810», History of Science, vol. 3, pp. 60-77 (1964). < <

[133] Lamarck, «Sur les fossiles», en Animaux sans Vertèbres, pp. 403-411. Traducido por Newth (véase nota 24). < <

[134] Véase nota 12. < <

[135] [Lacépède], «Rapport des Professeurs du Muséum, sur les collections d'histoire naturelle rapportées d'Égyte, par E. Geoffroy», Annales du Muséum national d'Histoire naturelle, vol. I, pp. 234-241 (1802). < <

[136] John Playfair, Illustrations of the Huttonian Theory of the Earth, Edimburgo, 1802

(reeditado en facsímil, New York, 1956). < <

[137] G. Cuvier, «Mémoire sur l'Ibis des anciens Egyptiens», Annales du Muséum national d'Histoire naturelle, vol. 4, pp. 116-135 (1804). < <

[138] Lamarck, «Mémoires sur les fossiles des environs de Paris, comprenant la détermination des espèces qui appartiennent aux animaux marins sans vertèbres, et dont le plupart sont figurés dans la collections des velins du Muséum», Annales du Muséum national

d’Histoire naturelle, vol. I, pp. 299-312, 383-391, 474-9 (1802). < <

[139] En términos modernos, los estratos del Eoceno, es decir, de comienzos del Cenozoico, tendrían una edad aproximada de unos cincuenta millones de años; pero, incluso a finales del siglo XIX, los geólogos estaban perfectamente dispuestos a acordar con los físicos una cifra muy inferior a ésta y, por lo tanto, no muy alejada de la que Cuvier probablemente tuviera en mente. (Nota de la ed. española) < <

[140] Lamarck, «Considerations sur quelques faits applicable à la théorie du globe, observés par M. Peron dans son voyage aux Terres australes, et sur quelques questions géologiques qui naissent de la connoisance de ces faits», Annales du Muséum national d’Histoire naturelle, vol. 6, pp. 26-52 (1805). < <

[141] J. B. P. A. Lamarck, Philosophie zoologique, ou Exposition des considérations relatives à l’histoire naturelle des animaux; à la diversité de leur organisation et des facultés qu’ils en obtiennent; aux causes physiques qui maintiennet eneux la vie et donnent lieu aux mouvements qu’ils executent; enfin, à celles qui produisent, les unes le sentiment, et les autres l’intelligence de ceux qui en sont doués, París, 1809. Para una traducción moderna al inglés, véase J. B. Lamarck, Zoological Philosophy… (ed. Hugh Elliot), Londres, 1914 (reeditado en New York, 1963). Véase también J. S. Wilkie,

«Buffon, Lamarck and Darwin: the originality of Darwins’s theory of evolution», en P.

R. Bell (ed.), Darwin’s Biological Work. Some Aspects Reconsidered, Cambridge, 1959: cap. 6. < <

[142] G. Cuvier, «Sur les espèces d’animaux dont proviennent les os fossiles répandus dans la pierre à plâtre des environs de Paris», Annales du Muséum national d’Histoire naturelle, vol. 3, pp. 275-303, 364-387, 442-472; vol. 4, pp. 66-75; vol. 6, pp. 253-283; vol.

9, pp. 10-44, 89-102, 205-215, 272-282; vol. 12, pp. 271-284 (1804-8). < <

[143] Véase A. G. Werner, Kurze Klassifikation und Beschreibung der verchiedenen Gebirgsarten, Dresde, 1787; Alexander M. Ospovat, «Reflections on A. G. Werner’s

“Kurze Klassifikation”», en Schneer, Toward a History of Geology, pp. 242-256; O.

Wagenbreth, «Abraham Gottlob Werners System der Geologie, Petrographie und Lagerstättenlehre», «Werner-Schüler und Bergleute und ihre Bedeutung für die Geologie und den Bergbau des 19. Jahrhunderts», en Abraham Gottlob Werner, Gedenkschrift aus Anlass der Wiederkehr seines Todestages nach 150 Jahren am 30, Juni 1967, Leipzig, 1967: pp. 83-148, 163-178. < <

[144] B. Faujas St-Fond, Histoire naturelle de la Montagne de Saint-Pierre de Maestricht, París, año 7 (1799). < <

[145] G. Cuvier y A. Brongniart, «Essai sur la géographie minéralogique des environs de Paris», Journal des Mines, vol. 23, pp. 421-458 (1808); Mémoires de la Classe des Sciences mathématiques et physiques de l'Institut imperial de France, año 1810, parte I, pp. 1-278 (1811). < <

[146] Johann Carl Freiesleben, Geognostischer Beytrag zur Kenntnis der Kupferschiefergebirges mit besonderer Hinsicht auf einen Theil der Graffschaft Mannsfeld und Thüringiens, Freyberg, 1807-15. < <

[147] Véase Joan M. Eyles, «William Smith: some aspects of his life and work», en Schneer, Toward a History of Geology, pp. 142-158. < <

[148] Véase Leroy E. Page, «John Playfair and Huttonian Catastrophism», Actes du XIe Congrès international d'Histoire des Sciences, vol. 4, pp. 221-225 (1967). < <

[149] G. Cuvier, Recherches sur les ossemens fossiles de quadrupèdes, où l'on rétablit les charactères de plusieurs espèces d'animaux que les revolutions du globe paroissent avoir détruites, 4 vols., París, 1812. < <

[150] G. Cuvier, Essay on the Theory of the Earth. With geological illustrations by Professor Jameson, Edimburgo, 1813 (reeditado en facsímil, Farnborough, 1971), y posteriores ediciones. < <

[151] Véase Coleman, Cuvier, cap. 7. < <

[152] William Buckland, Vindiciae Geologicae; or The connexion of geology with religion explained, in an inaugural lecture delivered before the University of Oxford, May 15, 1819, on the endowment of a Readership in Geology by His Royal Highness the Prince Regent, Oxford, 1820. < <

[153] James Hall, «On the Revolutions of the Earth's Surface»,

Transactions of the Royal Society of Edinburgh, vol. 7, parte I, pp. 139-211 (1814). < <

[154] William Buckland, Reliquiae Diluvianae; or, Observations on the organic remains contained in caves, fissures, and diluvial gravel, and on other geological phenomena, attesting the action of an universal deluge. Londres, 1823. Véase también su revisión

[por W. H. Fitton], Edinburgh Review, vol. 39, pp. 196-234 (1823). < <

[155] Edinburgh philosophical Journal, vol. 14, pp. 205-239 (1826). Véase Leroy E. Page,

«Diluvialism and its critics in Great Britain in the early nineteenth century», en Schneer, Toward a History of Geology, pp. 257-271. < <

[156] Rhoda Rappaport, «The Geological Atlas of Guettard, Lavoisier and Monnet: conflicting views of the nature of geology», en Schneer, Toward a History of Geology, pp. 272-287; Cuvier y Brongniart, véase nota 39; Freiesleben, véase nota 40; William Smith, A Memoir to the Map and Delineation of the Strata of England and Wales with part of Scotland, Londres, 1815; Strata identified by organized fossils, containing prints on colored paper of the most characteristic specimens in each stratum, Londres, 1816[-

19]. < <

[157] Alexandre Brongniart, «Sur les charactères zoologiques des Formations, avec application de ces charactères à la detérmination de quelques terrains de Craie», Annales des Mines, vol. 6, pp. 537-572 (1821); Mémoire sur les terrains de sédiment

supérieurs calcaro-trappéens du Vicentin, et sur quelques terrains d'Italie, de France, d'Allemagne, etc., qui peuvent se rapporter à la même époque, París, 1823. < <

[158] Élie de Beaumont, «Recherches sur quelque-unes des révolutions de la surface du globe, présentant différents exemples de coincidence entre le redressement des couches de certains systèmes de montagnes, et les changements soudains qui ont produit les lignes de démarcation qu'on observe entre certain étages consecutifs des terrains de sédiment», Annales des Sciences naturelles, vol. 18, pp. 5-25, 284-416 (1829); vol. 19, pp.

5-99, 177-240 (1830). < <

[159] G. Cuvier, «Sur un nouveau rapprochement à établir entre les classes qui composent le Règne Animal», Annales du Muséum d'Histoire naturelle, vol. 19, pp. 73-84 (1812); Règne animal (nota 6). Véase también Coleman, Cuvier, cap. 4. < <

[160] W. D. Conybeare & H. T. De La Beche, «Notice of a discovery of a new fossil animal, forming a link between the Ichthyosaurus and the Crocodrile; together with general remarks on the osteology of the Ichthyosaurus», Transactions of the Geological Society of London, primera serie, vol. 5, parte 2, pp. 558-594 (1821); W. D. Conybeare,

«On the discovery of an almost perfect skeleton of the Plesiosaurus», ibid., segunda serie, vol. 1, parte 2, pp. 381-389 (1824); Gideon Mantell, «Notice on the Iguanodon, a newly discovered fossil reptile, from the sandstone of Tilgate Forest, in Sussex», Philosophical Transactions of the Royal Society of London, vol. de 1825, pp. 179-186

(1825); Gideon A. Mantell, «The geological age of reptiles», Edinburgh new philosophical journal, vol. II, pp. 181-185 (1831). < <

[161] Véase G. G. Simpson, A Catalogue of the Mesozoic Mammalia in the Geological Department of the British Museum, Londres, 1928: p. 3. < <

[162] Véase John Lyon, «The search for fossil Man: cinq personnages à la recherche du temps perdu», Isis, vol. 61, pp. 68-84 (1969). < <

[163] E. F. von Schlotheim, Beschreibung merkwürdiger Kräuter-Abdrücke und Pflanzen-Versteinerungen. Ein Beitrag zur Flora der Vorwelt, Gotha, 1804. < <

[164] Adolphe Brongniart, Prodrome d'une histoire des végétaux fossils, París, 1828;

«Considerations générales sur la nature de la végétation qui couvrait la surface de la terre aux diverses époques de formation de son écorce», Annales des Sciences naturelles, vol. 15, pp. 225-258 (1828). Histoire des végétaux fossiles, ou recherches botaniques et géologiques sur les végétaux renfermés dans les diverses couches du globe, 2 vols., París, 1828-1837. < <

[165] Fourier, «Remarques générales sur les températures du globe terrestre et des espaces planetaires», Annales de Chimie et de Physique, vol. 27, pp. 136-167 (1824); L.

Cordier, «Essai sur la température de l'intérieur de la terre», Mémoires du Muséum d'Histoire naturelle, vol. 15, pp. 161-244 (1827). < <

[166] Véase M. J. S. Rudwick, «Uniformity and Progression: reflections on the structure of geological theory in the age of Lyell», en D. H. D. Roller (ed.), Perspectives in the History of Science and Technology, Norman (Oklahoma), 1971, pp. 209-227. < <

[167] Véase Russell, Form and Function, cap. 5. < <

[168] Geoffroy Saint-Hilaire, Philosophie anatomique, 2 vols., París, 1818-22. Véase también Théophile Cahn, La vie et l'oeuvre d'Etienne Geoffroy Saint-Hilaire, París, 1962. < <

[169] Geoffroy Saint-Hilaire, «Recherches sur l'organisation des gavials… et sur cette question, si les gavials (Gavialis), aujourd-hui répandus dans les parties orientales de l'Asie, descendent, par voie non interrompue de génération, des gavials antédiluviens…», Mémoires du Muséum d'Histoire naturelle, vol. 12, pp. 97-155 (1825).

< <

[170] Geoffroy Saint-Hilaire, «Mémoire où l'on propose de rechercher dans quels rapports de structure organique et de parenté sont entre eux les animaux des âges historiques, et vivant actuellement, et les espèces antédiluviennes et perdues», Mémoires du Muséum d'Histoire naturelle, vol. 17, pp. 209-229 (1828). < <

[171] Véase Coleman, Cuvier, cap. 6; también J. Piveteau, «Le debat entre Cuvier et Geoffroy Saint-Hilaire sur l'unité de plan et de composition», Revue d'Histoire de Sciences, vol. 3, pp. 343-363 (1950); compárese, no obstante, con Frank Bourdier,

«Geoffroy Saint-Hilaire versus Cuvier: the campaign for paleontological evolution (1825-1838)», en Schneer, Toward a History of Geology, pp. 36-61. < <

[172] Véase nota 54. < <

[173] Mrs. Lyell (ed.), Life, Letters and Journals of Sir Charles Lyell, Bart., Londres, 1881: vol. I, pp. 233-4. < <

[174] H. B. Woodward, The History of the Geological Society of London, Londres, 1907; M. J. S. Rudwick, «The foundation of the Geological Society of London: its scheme for cooperative research and its struggle for independence», British Journal for the History of

Science, vol. I, pp. 325-355 (1963). < <

[175] Véase Roy Porter, «The Industrial Revolution and the rise of the science of geology», en M. Teich and R. Young (eds.), Changing Perspectives in the History of Science, Londres, 1973, pp. 320-343. < <

[176] Véase Cap. 3, nota 16. < <

[177] Charles Lyell y Roderick Impey Murchison, «On the excavation of valleys, as illustrated by the volcanic rocks of Central France», Edinburgh new philosophical Journal, vol. 12, pp. 15-48 (1829). < <

[178] C. A. Basset, Explication de Playfair sur la Théorie de la Terre par Hutton, et Examen comparatif des systèmes geologiques fondés sur le feu et sur l'eau, par M.

Murray; en réponse à l'Explication de Playfair, París, 1815. < <

[179] Karl Ernst Adolf Hoff, Geschichte der durch Überlieferung nachgewiesenen natürlichen Veränderungen der Erdoberfläche, 3 vols., Gotha, 1822-34; véase también Zittel, Geschichte, p. 285. < <

[180] G. Poulett Scrope, Considerations on Volcanos, the probable causes of their phenomena, the laws which determine their march, the disposition of their products, and their connexion with the present state and past history of the globe; leading to the establishment of a new Theory of the Earth, Londres, 1825; Memoir on the Geology of Central France, including the volcanic formations of Auvergne, the Velay and the Vivarais, Londres, 1827. < <

[181] Véase cap. 3, nota 49; también el trabajo de Fleming, «Remarks illustrative of the influence of Society on the distribution of British animals», Edinburgh philosophical Journal, vol. II, pp. 287-305 (1824). < <

[182] [Charles Lyell] «Memoir on the Geology of Central France… by G. P. Scrope…», Quarterly Review, vol. 36, pp. 437-483 (1827). < <

[183] Lyell y Murchison, «Excavation of Valleys» (nota 5); Croizet y Jobert, Recherches sur les ossemens fossiles du Départment du Puy-de-Dôme, París, 1826-8. < <

[184] Véase M. J. S. Rudwick, «Lyell on Etna, and the antiquity of the Earth», en Schneer, Toward a History of Geology, pp. 288-304. < <

[185] Lyell, Life, Letters and Journals, vol. 1, p. 234. < <

[186] Charles Lyell, Principles of Geology, being an attempt to explain the former changes of the earth's surface, by reference to causes now in operation, 3 vols., Londres, 1830-3 (reeditado en facsímil, New York, 1970); véase también Martin J. S. Rudwick,

«The strategy of Lyell's Principles of Geology», Isis, vol. 61, pp. 4-33 (1970). < <

[187] Véase Walter F. Cannon, «The impact of uniformitarianism. Two letters from John Herschel to Charles Lyell, 1836-1837», Proceedings of the American Philosophical Society, vol. 105, pp. 301-314 (1961). < <

[188] Lyell, Life, Letters and Journals, vol. I, p. 251. < <

[189] W. D. Conybeare, «Report on the Progress, Actual State, and Ulterior Prospects Of Geological Science», Report of the British Association for Advancement of Science, vol.

correspondiente a 1831-2, pp. 365-414 (1833). < <

[190] [William Whewell], «Principles of Geology… By Charles Lyell… vol. I…», British Critic, vol. 9, pp. 180-206 (1831); «Principles of Geology… By Charles Lyell… Vol. II…», Quarterly Review, vol. 47, pp. 103-132 (1832). Véase también Walter Cannon, «The problem of miracles in the 1830s», Victorian Studies, vol. 4, pp. 4-32 (1960). < <

[191] Conybeare, «Report on… Geological Science» (nota 17). < <

[192] Adam Sedgwick, «Address to the Geological Society… Feb. 18, 1831», Proceedings of the Geological Society of London, vol. 1, pp. 281-316 (1831). < <

[193] J. F. W. Herschel, «On the astronomical causes which may influence geological phenomena», Transactions of the Geological Society of London, segunda serie, vol. 3, pp. 293-299 (1832). Acerca del prestigio de Herschel, véase Walter F. Cannon, «John Herschel and the idea of science», Journal of the History of Ideas, vol. 22, pp. 215-239

(1961). < <

[194] [Scrope], «Principles of Geology… By Charles Lyell… Vol. I», Quarterly Review, vol. 43, pp. 411-469 (1830); «Principles of

Geology… By Charles Lyell… 3rd Edition», ibid., vol. 53, pp. 406-448 (1835). < <

[195] Darwin, Extracts from Letters addressed to Professor Henslow, Cambridge, 1835;

«Observations of proofs of recent elevation on the coast of Chili…», Proceedings of the Geological Society of London, vol. 2, pp. 446-449 (1837). < <

[196] Charles Darwin, «On certain areas of elevation and subsidence in the Pacific and Indian oceans, as deduced from the study of coral formations», Proceedings of the

Geological Society of London, vol. 2, pp. 552-554 (1837); The Structure and Distribution of Coral Reefs…, Londres, 1842. < <

[197] Deshayes, «Tableau comparatif des espèces de coquilles vivantes avec les espèces de coquilles fossiles des terrains tertiaires de l'Europe, et des espèces de fossiles de ces terrains entr'eux», Bulletin de la Societé géologique de France, vol. I, pp. 185-187 (1831); Heinr. G. Bronn, Italiens Tertiär-Gebilde und deren organische Einschlüsse, Vier Abhandlungen, Heidelberg, 1831. < <

[198] Adam Sedgwick, «Address delivered at the Anniversary Meeting of the Geological Society of London, on the 19th February, 1830», Proceedings of the Geological Society of London, vol. I. pp. 187-212 (1830). < <

[199] R. I. Murchison, «On the sedimentary deposits which occupy the western parts of Shropshire and Herefordshire, and are prolonged from N.E. to S.W., through Radnor, Brecknock and Caermarthenshires, with descriptions of the accompanying rocks of intrusive or igneous characters», Proceedings of the geological Society of London, vol. I, pp. 470-477 (1833); «On the Silurian system of rocks», Philosophical Magazine and Journal of Science, vol. 7, pp. 46-52 (1835). < <

[200] Roderick Impey Murchison, The Silurian System, founded on geological researches in the counties of Salop, Hereford, Radnor, Montgomery, Caemarthen, Brecon, Pembroke, Monmouth, Gloucester, Worcester and Stafford; with descriptions of the coal-fields and overlying formations, Londres, 1839. < <

[201] Leonard G. Wilson, «The emergence of geology as a science in the United States», Cahiers d'Histoire mondiale, vol. 10, pp. 416-437 (1967). < <

[202] M. J. S. Rudwick, «The Devonian System 1834-1840. A study in scientific controversy», Actes du XXIme Congrès international d'Histoire des Sciences, vol. 7, pp.

39-43 (1971). < <

[203] R. I. Murchison, Édouard de Verneuil y Alexander von Keyserling, The Geology of Russia in Europe and the Ural Mountains, vol. I, Londres, 1845. < <

[204] Sedgwick y R. I. Murchison, «On the Silurian and Cambrian Systems, exhibiting the order in which the older Sedimentary Strata succeed each other in England and Wales», Report of the British Association for the Advancement of Science, vol.

correspondiente a 1835, Transactions of the Sections, pp. 59-61 (1836). < <

[205] Murchison et al., Geology of Russia, Introducción. < <

[206] J. Barrande, Notice préliminaire sur le Systême Silurien et les Trilobites de Bohême, Leipzig, 1846. < <

[207] Buckland, «Andress to the Geological Society… 21st of February, 1840», Proceedings of the geological Society of London, vol. 3, pp. 210-267 (1840). < <

[208] Louis Agassiz, «On a new classification of fishes, and on the geological distribution of fossil fishes», Proceedings of the geological Society of London, vol. 2, pp.

99-102 (1834); Recherches sur les Poissons fossiles… Neuchatel, 1833-1843. Véase también Edward Lurie, Louis Agassiz; a life in science, Chicago, 1960. < <

[209] John Phillips, Figures and Descriptions of the Palaeozoic Fossils of Cornwall, Devon and West Somerset; observed in the course of the Ordenance Geological Survey of that District, Londres, 1841; véase «Notices and Inferences», pp. 155-182. < <

[210] Charles Lyell, Elements of Geology, Londres, 1838 (y posteriores ediciones).

Gideon Algernon Mantell, The Wonders of Geology, or, A Familiar Exposition of Geological Phenomena, Londres, 1838; Medals of Creation; or, First Lessons in Geology, and in the Study of Organic

Remains, Londres, 1844; Thoughts on a Pebble, or, A First Lesson in Geology, Londres, 1849. < <

[211] Murchison, et al., Geology of Russia, vol. I, véase Conclusión. < <

[212] Véase nota 15. < <

[213] William Buckland, Geology and Mineralogy considered with reference to natural theology, 2 vols., Londres, 1836. < <

[214] R. I. Murchison, Édouard de Verneuil y Alexandre de Keyserling, Géologie de la Russie d'Europe et des Montagnes d'Oural [Vol. 2], París, 1845; véase Prólogo. < <

[215] [Robert Chambers], Vestiges of the natural history of creation, Londres, 1844 (y sucesivas ediciones posteriores: reedición en facsímil de la primera edición, Leicester, 1970); Explanations; a Sequel to «Vestiges of the Natural History of Creation», Londres, 1845. < <

[216] Hugh Miller, Foot-Prints of the Creator: or, the Asterolepis of Stromness, Edimburgo, 1847; véase también The Old Red Sandstone: or New Walks in an Old Field, Edimburgo, 1841; W. M. Mackenzie, Hugh Miller. A Critical Study, Londres, 1905. < <

[217] Richard [S.] Owen, The Life of Richard Owen, 2 vols., Londres, 1894; Richard Owen, Geology and Inhabitants of the Ancient World, Londres, 1854 (Crystal Palace Guidebooks). < <

[218] Owen, «Notice of a fragment of the femur of a gigantic bird of New Zealand», Transactions of the Zoological Society of London, vol. 3, pp. 29-32 (1842); «On the Dinornis, an extinct genus of tridactyle struthious birds, with descriptions in New Zealand (Part I)», ibid., vol. 3, pp. 235-275 (1844). Las inferencias de Owen son menos directas de lo que podría parecer: véase C. F. A. Pantin, Science and Education, Cardiff, 1963, pp. 19-26. < <

[219] Richard Owen, On the Archetype and Homologies of the Vertébrate Skeleton, Londres, 1848; [artículo] «Oken», Encyclopaedia Britannica, VIII edición, vol. 16, pp.

498-503 (1858); véase también Russell, Form and Function, cap. 8, y Roy M. MacLeod,

«Evolutionism and Richard Owen, 1830-1868: an episode in Darwin's century», Isis, vol.

56, pp. 259-280 (1965). < <

[220] Richard Owen, On the Nature of Limbs, Londres, 1849. < <

[221] Richard Owen, A History of British fossil Mammals, and Birds, Londres, 1846. < <

[222] Comptes-Rendus hebdomadaires de l'Académie des Sciences, vol. 44, pp. 166-7

(1857). El ensayo de Bronn fue primeramente publicado bajo el título Untersuchungen über die Entwickelungs-Gesetze der organischem Welt während der Bildungs-Zeit unsere Erd-Oberfläche, Stuttgart, 1858; y posteriormente por la Academia como «Essai d'une response à la question de prix proposée en 1850…», Supplément aux Comptes-Rendus des Séances de l'Académie des Sciences, vol. 2, pp. 577-918 (1861). < <

[223] Comptes-Rendus, vol. 30, pp. 257-260 (1850). < <

[224] Véase Walter F. Cannon, «The Uniformitarian-Catastrophist Debate», Isis, vol. 51, pp. 38-55 (1960). < <

[225] Heinrich Georg Bronn, Italiens Tertiär-Gebilde und deren organische Einschlüsse, Vier Abhandlungen, Heidelberg, 1831; Lethaea Geognostica oder Abbildungen und Beschreibungen der für die Gebirge-Formationen bezeichnendsten Versteinerungen, Stuttgart, 1835-8; Handbuch der Geschichte der Natur, Stuttgart, 1841-2; Index Palaeontologicus oder Übersicht der bis jetzt bekannten fossilen Organismen, Stuttgart, 1848-9. < <

[226] F. Unger, Versuch einer Geschichte der Pflanzenwelt, Viena, 1852. < <

[227] Véase también H. G. Bronn, Morphologische Studien über die Gestaltungs-Gesetze der Naturkörper überhaupt und der organischen inbesondere, Leipzig y Heidelberg, 1858. < <

[228] Véase G. Canguilhem et al., «Du développement à l'évolution au XIXe siècle», Thalès, vol. II, pp. 1-68 (1962); Jane Oppenheimer, «An embryological enigma in the Origin of Species», en Bentley Glass (ed.), Forerunners of Darwin: 1745-1859, Baltimore, 1959, pp. 292-322. < <

[229] Karl Ernst von Baer, Über Entwickelungsgeschichte der Thiere. Beobachtung und Reflexion, Königsberg, 1828, 1837; véase también

Elizabeth B. Gasking, Investigations into Generation 1651-1828, Londres, 1967. < <

[230] Alfred R. Wallace, «On the Law which has regulated the introduction of New Species», Annals and Magazine of Natural History, serie 2, vol. 16, pp. 184-196 (1855); reeditado en C. F. A. Pantin, «Alfred Russell Wallace: his preDarwinian essay of 1855», Proceedings of the Linnean Society of London, vol. 171, pp. 139-153 (1960); Charles Darwin y Alfred Wallace, «On the Tendency of Species to form Varieties: and on the Perpetuation of Varieties and Species by Natural Means of Selection», Journal of the Linnean Society of London (Zoology), vol. 3, pp. 45-62 (1859), reeditado en Evolution by Natural Selection (ed. Gavin de Beer), Cambridge, 1958, pp. 255-279. < <

[231] Charles Lyell, «Anniversary Addres[es] of the President», Quarterly Journal of the Geological Society of London, vol. 6. pp. xxvii-lxvi (1850); vol. 7, pp. xxv-ixxvi (1851). < <

[232] G. de Beer, «Darwin's notebooks on the transmutation of species», Bulletin of the British Museum (Natural History), Historical series, vol. 2, partes 2-6 (1960-61), vol. 3, parte 5 (1967); S. Smith, «The origin of 'The Origin' as discerned from Charles Darwin's notebooks and his annotations in the books he read between 1837 and 1842», Advancement of Science, vol. 16, pp. 391-401 (1960). < <

[233] Robert M. Young, «Malthus and the Evolutionists: the common context of biological and social theory», Past and Present, núm. 53, páginas 109-145 (1969). < <

[234] El resumen de 1842 está editado en Darwin y Wallace, Evolution by Natural Selection (ed. Gavin de Beer), Cambridge, 1958, pp. 39-88: la sección paleontológica va de la pág. 59 a la 65. < <

[235] El ensayo de 1844 está editado en Darwin y Wallace (véase nota 13), pp. 89-254; la sección paleontológica cubre el cap. 4, pp. 154-162. < <

[236] Charles Darwin, «A Monograph on the Fossil Lepadidae, or Pedunculated Cirripides of Great Britani», Monographs, Palaeontographical Society, 1851; «A Monograph on the Fossil Balanidae and Verrucidae of Great Britain», ibid., 1854. < <

[237] Véase Walter F. Cannon, «Darwin's Vision in On the Origin of Species», en G.

Levine y W. Madden (eds.), The Art of Victorian Prose, Nueva York,

1968, pp. 154-176; Robert Young, «Darwin's Metaphor: does Nature select?», The Monist, vol. 55, pp. 442-503 (1971). < <

[238] Charles Darwin, On the Origin of Species by means of Natural Selection, or the Preservation of favoured Races in the Struggle for Life, Londres, 1859; reeditado en facsímil (ed. Ernst Mayr), Cambridge (Mass.), 1964; reeditado también por J. W. Burrow, Londres, 1968. Véase asimismo Gavin de Beer, Charles Darwin, Evolution by Natural Selection, Londres, 1963. < <

[239] F. J. Pictet, «Sur l'Origine de l'Espèce, par Charles Darwin», Bibliotèque universelle. Revue suisse et étrangère, vol. 7, Archives des Sciences physiques et naturelles, pp. 233-255 (1860). < <

[240] F. J. Pictet, Traité de Paléontologie, ou Histoire naturelle des animaux fossiles considerés dans leurs rapports zoologiques et géologiques, París, 1844-46. < <

[241] John Phillips, Life on the Earth: its Origin and Succession, Cambridge y Londres, 1860. < <

[242] Véase A. Ellegard, Darwin and the general reader. The reception of Darwin's theory of evolution in the British periodical press, 1859-1872, Goteburgo, 1958; Robert M. Young, «The impact of Darwin on conventional thougt», en: Anthony Symondson (ed.), The Victorian Crisis of Faith, Londres, 1970, pp. 13-55. < <

[243] [Owen], Edinburgh Review, vol. III, pp. 487-532 (1860); véase Roy M. MacLeod,

«Evolutionism and Richard Owen 1830-1868: an episode in Darwin's century», Isis, vol.

56, pp. 259-280 (1965). < <

[244] Richard Owen, Palaeontology, or a systematic summary of extinct animals and their relations, Londres, 1860. < <

[245] Leonard G. Wilson, Sir Charles Lyell's Scientific Journals on the Species Question, New Haven, 1970. < <

[246] Charles Lyell, The geological evidences of the antiquity of man, with remarks on the origin of species by variation, Londres, 1863; Principles of Geology, or the modern Changes of the Earth and its Inhabitants, décima edición, 2 vols., Londres, 1868. < <

[247] Véase K. P. Oakley, «The problem of Man's antiquity», Bulletin of the British Museum (Natural History), Geological series, vol. 9, núm. 5 (1964); J. W. Gruber,

«Brixham Cave and the antiquity of man», en Melford E. Spiro (ed.), Context and Meaning in Cultural Anthropology, Nueva York, 1965, pp. 373-402; Boucher de Perthes, Antiquités celtiques et antediluviennes. Mémoire sur l'industrie primitive et les arts à leur origine, 3 vols., París, 1847-64. < <

[248] T. H. Huxley, Evidence as to Man's Place in Nature, Londres 1863 (reeditado en Collected Essays, vol. 7, pp. 1-208, 1895). < <

[249] Albert Gaudry, Animaux fossiles et geologie de l'Attique d'après les recherches faites en 1855-56 et 1860 sous les auspices de l'Académie des Sciences, París, 1862-67. < <

[250] Owen, «On the Archaeopteryx of von Meyer, with a description of the Fossil Remains of a Long-tailed species, from the Litographic Stone of Solenhofen», Philosophical Transactions of the Royal Society of London, vol. 153, pp. 33-47 (1863); S.

J. Mackie, «The Aeronauts of the Solenhofen Age», The Geologist, vol. 6, pp. 1-8 (1863).

Véase también Gavin de Beer, Archaeopteryx lithographica. A study based on the British Museum specimen, Londres, 1954. < <

[251] Huxley, «On the animals which are most nearly intermedíate between birds and reptiles», Annals and Magazine of natural History, sec. 4, vol. 2, pp. 66-75 (1868);

«Further evidence of the Affinity between the Dinosaurian Reptiles and Birds», Quarterly Journal of the Geological Society of London, vol. 26, pp. 12-31 (1870); A.

Wagner, «Neue Beiträge zur Kenntnis der urweltlichen Fauna des lithographischen Schiefers [Part 2]», Abhandlungen der königlichen bayerischen Akademie der Wissenschaften, Klasse 2, Band 9, Abtheilung I (1861). < <

[252] W. Kovalevsky, «Sur l'Anchitherium aurelianense Cuv. et sur l'histoire paléntologique des Chevaux», Mémoires de l'Académie imperiale des Sciences de St Petersbourg, serie 7, vol. 20, núm. 5 (1873). Véase también A. Borisiak, «W.

Kowalewsky, sein Leben und sein Werk», Palaeobiologie, vol. 3, pp. 131-256 (1930). < <

[253] O. C. Marsh, «Notice of new equine mammals from the Terciary formation», American Journal of Science, serie 3, vol. 7, pp. 247-258 (1874); «Polydactyl Horses recent and extinct», ibid., vol. 17, pp. 499-505 (1879). Véase también Charles Schuchert y

Clara Mae Le Vene, O. C. Marsh, Pioneer in Paleontology, New Haven, 1940, cap. 9; G.

G. Simpson, Horses. The Story of the Horse Family in the Modern World and through Sixty Million Years of History, Nueva York, 1951, cap. 10. < <

[254] O. C. Marsh, «Introduction and Succession of Vertebrate Life in North America», Nature, vol. 16, pp. 448-450, 470-2, 489-491 (1877); «Odontornithes: a Monograph of the Extinct Toothed Birds of North America», Memoirs of the Peabody Museum, Yale University, vol. 1 (1880). < <

[255] Hilgendorf, «Ueber Planorbis multiformis im Steinheimer Süsswasserkalk», Monastsberichte der königlichen preussischen Akademie der Wissenschaften der Berlin, volumen correspondiente a 1866, pp. 474-504 (1866). < <

[256] M. Neumayr y C. M. Paul, «Die Congerien-und Paludinen—Schichten Slavoniens und deren Faunen. Ein Beitrag zur Descendenz-Theorie», Abhandlungen der königlichen geologischen Reichsanstalt, Wien, vol. 7 (1875). < <

[257] C. J. R. Meyer, «Micrasters in the English Chalk-Two or more species?», Geological Magazine, nueva serie, vol. 5, pp. 115-117 (1878); A. W. Row, «An Analysis of the Genus Micraster, as determined by rigid zonal collection from the Zone of Rhynchonella Cuvieri to that of Micraster coranguinum», Quarterly Journal of the Geological Society of London, vol. 55, pp. 494-546 (1899). < <

[258] T. H. Huxley, «Anniversary Address of the President», Quarterly Journal of the geological Society of London, vol. 26, pp. xxix-lxiv (1870); reeditado en Collected Essays, vol. 8, pp. 340-388 (1894). < <

[259] J. W. Dawson, «On the Structure of certain Organic Remains in the Laurentian Limestone of Canada», Quarterly Journal of the geological Society of London, vol. 21, pp. 51-59 (1865); Life's Dawn

on Earth, being the History of the oldest known fossil Remains, and their Relations to Geological Time and the Development of the Animal Kingdom, Londres, 1875; Charles O'Brien, «Eozoön Canadense, 'The Dawn Animal of Canada'», Isis, vol. 61, pp. 206-223 (1970). < <

[260] Joe D. Burchfield, «Darwin and the dilemma of geological time», Isis, vol. 65, pp.

300-321 (1974); Lord Kelvin and the Age of the Earth, Nueva York, 1975. < <

[261] F. Jenkin, «Darwin and the Origin of Species», North British Review, vol. 46, pp.

277-318 (1867). Véase P. Vorzimmer, «Darwin and Blending Inheritance», Isis, vol. 54, pp. 371-390 (1963); B. G. Beddall, «Wallace, Darwin and the theory of Natural

Selection», Journal of the History of Biology, vol. I, pp. 261-323 (1968); G. L. Geison,

«Darwin and Heredity: the evolution of his hypothesis of Pangenesis», Journal of the History of Medicine, vol. 24, pp. 375-411 (1969). < <

[262] W. Waagen, «Die Formenreihe des Ammonites subradiatus. Versuch einer paläontologischen Monographie», Geognostische und Paläontologische Beiträge, serie 2, vol. 2, pp. 181-256 (1869). < <

[263] Véase Walter F. Cannon, «The bases of Darwin's achievement—a revaluation», Victorian Studies, vol. 5, pp. 109-134 (1961). < <

[264] Ernst Haeckel, Naturliche Schöpfungs-Geschichte. Gemeinverständliche wissenschaftliche Vorträge über die Entwickelungs-Lehre im Allgemeinen und diejenige von Darwin, Goethe und Lamarck im Besonderen, Berlín, 1868; Generelle Morphologie der Organismen. Allgemeine Grundzüge der organischen Formen-Wissenschaft, mechanich begründet durch die von Charles Darwin reformirte Descendenz-Theorie, Berlín, 1866. < <

Notas

[1] Empitomise: simbolizar, personificar o ser ejemplo de algo; también resumir. (Nota de esta ed. digital) < <

[2] Anatomist and physician: anatomista y médico. (Nota de esta ed. digital) < <

[3] Speculum lapidum clarissimi artium et medicine doctoris Camilli Leonardi pisaurensis… Venetiis, 1502. (Nota de esta ed. digital) < <

[4] Breastplate: pectoral o racional (véase acepción 5.a del DLE). (Nota de esta ed.

digital) < <

[5] Variegated: jaspeado, abigarrado; en botánica, variegado. (Nota de esta ed. digital)

< <

[6] Guard: parte del cuerpo del belemnites en forma de bala (como se indica en el glosario) que se llama normalmente rostro (o rostrum). (Nota de esta ed. digital) < <

[7] Cleavage: Véase clivaje en el glosario. (Nota de esta ed. digital) < <

[8] Kupferschiefer: literalmente pizarra (o esquisto) de cobre, es un depósito estratiforme del Pérmico superior, que se extiende fundamentalmente por Alemania y

Polonia. «Permian Kupferschiefer» (el Kupferschiefer del Pérmico) es, por tanto, una reiteración. (Nota de esta ed. digital) < <

[9] Plausible: entiéndase creíble, verosímil. (Nota de esta ed. digital) < <

[10] Earthquakes: terremotos; en la traducción consta terrenos. (Nota de esta ed. digital)

< <

[11] Resemblances: semejanzas, parecidos. La acepción del término semblanza como sinónimo de semejanza se consideraba anticuada ya en el siglo XIX. (Nota de esta ed.

digital) < <

[12] En la traducción consta la preposición a pero en el original es la conjunción and.

(Nota de esta ed. digital) < <

[13] Vague: vago, imprecisa, confuso. (Nota de esta ed. digital) < <

[14] «They were merely indulging…»: indulge en inglés es permitir (o permitirse) o dedicarse a (o dejarse llevar por) algo («simplemente se estaban entregando a…»); indulgencia en español es perdón, remisión o gracia. (Nota de esta ed. digital) < <

[15] Adaptación de coextensive: que tiene los mismos límites espaciales o temporales.

(Nota de esta ed. digital) < <

[16] El título de la primera traducción al inglés, en 1656, fue Men before Adam, del original Prae-Adamitae, publicado en Amsterdam en 1655. (Nota de esta ed. digital) < <

[17] Tract: también folleto o panfleto; la obra de Scheuchzer tiene 24 páginas. (Nota de esta ed. digital) < <

[18] Neatly: con claridad. (Nota de esta ed. digital) < <

[19] Engulfment: acto de engullir, cubrir, sobrepasar. (Nota de esta ed. digital) < <

[20] Process: proceso, procedimiento. (Nota de esta ed. digital) < <

[21] Discuss: hablar de, tratar, analizar. (Nota de esta ed. digital) < <

[22] And the most recent unconsolidated deposits the lowest ground: Y los depósitos no consolidados más recientes el terreno más bajo. (Nota de esta ed. digital) < <

[23] Chalk: creta. (Nota de esta ed. digital) < <

[24] Factual description: descripción fáctica (basada en hechos). (Nota de esta ed.

digital) < <

[25] A constant order of superposition of individual strata over distances of more than 120 km: un orden constante de superposición de estratos individuales en distancias de más de 120 km. (Nota de esta ed. digital) < <

[26] Religion: religión; en la traducción consta región. (Nota de esta ed. digital) < <

[27] Reader: en español existe el término, desusado ya en el siglo XIX, lector para el

«catedrático o maestro que enseñaba una facultad». (Nota de esta ed. digital) < <

[28] Chick-hatching establishment: establecimiento de incubación de pollitos. (Nota de esta ed. digital) < <

[29] Quelques considérations sur l'organisation des Mollusques de Laurencet y Meyranx, trabajo que no llegó a publicarse. (Nota de esta ed. digital) < <

[30] individual strata: estratos individuales; en la traducción consta individuos. (Nota de esta ed. digital) < <

[31] Which in turn was interpreted…: lo que a su vez se interpretaba…; en la traducción consta: a su vez, él [¿Cuvier?] interpretaba. (Nota de esta ed. digital) < <

[32] Foreign Secretary: secretario de exteriores. (Nota de esta ed. digital) < <

[33] Undergraduate: estudiante universitario o de grado. (Nota de esta ed. digital) < <

[34] Tory. (Nota de esta ed. digital) < <

[35] A uniform overall rate of change: no consta en la traducción uniforme. (Nota de esta ed. digital) < <

[36] Preserved portions of Tertiary time: porciones conservadas de la época terciaria.

(Nota de esta ed. digital) < <

[37] Limitless illustration: una ilustración ilimitada. (Nota de esta ed. digital) < <

[38] Policy: norma, regla, principio, política. (Nota de esta ed. digital) < <

[39] As it was timely…: como oportuna era… (Nota de esta ed. digital) < <

[40] A steady-state history: una historia de estado estacionario. (Nota de esta ed. digital)

< <

[41] Cultural: en el texto consta culterano. (Nota de esta ed. digital) < <

[42] The sense of the ‘designfulness’: el sentido del ‘diseño’. (Nota de esta ed. digital) < <

[43] La traducción (o la edición) ha dejado entrecortada la frase original: This earned him the Geological Society’s highest award, the Wollaston Medal, in 1838; and the Royal Society likewise gave him their Royal Medal in 1846 for his brilliant interpretation of the functional anatomy of the belemnites.

Este trabajo le hizo acreedor al más alto honor de la Sociedad Geológica, la Medalla Wollaston, en 1838; y la Royal Society también le otorgó su Royal Medal en 1846 por su brillante interpretación de la anatomía funcional de los belemnites.

(Nota de esta ed. digital) < <

[44] Ministers: en el sentido de agentes que ejecutan el poder divino. (Nota de esta ed.

digital) < <

[45] Generalisations: en la traducción consta informaciones. (Nota de esta ed. digital) < <

[46] Prize-question: el asunto del premio (o merecedor del premio). (Nota de esta ed.

digital) < <

[47] Theoretical exploration: exploración teórica. (Nota de esta ed. digital) < <

[48] Straw man: entiéndase como «oposición débil o imaginaria (como un argumento o un adversario) establecida solo para ser fácilmente refutada». (Nota de esta ed. digital)

< <

[49] Esta frase no se corresponde con el original ni existe seperadamente de la anterior:

… and were in no obvious sense ‘imperfect’ or poorly adapted relative to later forms…

… y no eran en un sentido obvio «imperfectas» o mal adaptados en relación con formas posteriores…

(Nota de esta ed. digital) < <

[50] Special pleading: argumento especioso. (Nota de esta ed. digital) < <

[51] Upper Triassic: Triásico superior. < <

[52] Gulf: también abismo. < <

[53] Insights: nuevas percepciones. < <

[54] Natural world: en la traducción consta mundo en general. < <

[55] Information explosion: en la traducción consta discusión. < <

[56] the living ‘pearly nautilus’: el ‘nautilus perlado’ vivo. < <